2644503

B. Dyakowski

NAUKA FIZYKI.

PODRĘCZNIK

dla

niższych klas gimnazyów i szkół realnych,

ułożył

J. Soleski.

Z 250. figurami w tekście.

WE LWOWIE.
Nakładem Towarzystwa Pedagogicznego.
I. Związkowa drukarnia we Lwowie.
1884.

BIBLIOTEKA
Wyższej Szkoły Pedagog.
W KRAKOWIE
47988

UP - Kraków BG
1050161370

EX LIBRIS
UP
Muzeum Podręcznika

Spis rzeczy.

Wstęp str. 1.

ROZDZIAŁ PIERWSZY.

A. Ważniejsze fizyczne własności ciał.

§. **1.** Rozciągłość 3. — §. **2.** Nieprzenikliwość 4. — §. **3.** Podzielność 5. — §. **4.** Spójność 6. — §. **5.** Przyczepność 8. — §. **6.** Podatność ciał 8. — §. **7.** Sprężystość ciał 8. — §. **8.** Ciężkość 9. — §. **9.** Ciężar bezwzględny i ciężar gatunkowy 11.

B. Ważniejsze chemiczne własności ciał.

§. **10.** Określenia wstępne 12. — §. **11.** Prawo łączenia się pierwiastków w stosunkach stałych 14. — §. **12.** Tablica pierwiastków 15. — §. **13.** Podział pierwiastków 16. — §. **14.** Wód 16. — §. **15.** Tlen 17. — §. **16.** Chlor 17. — §. **17.** Brom 18. — §. **18.** Jod 18. — §. **19.** Siarka 18. — §. **20.** Azot 19. — §. **21.** Fosfor 19. — §. **22.** Arsen 20. — §. **23.** Antymon 20. — §. **24.** Krzem 20. — §. **25.** Węgiel 20. — §. **26.** Podział związków w ogóle 21. — §. **27.** Opis niektórych połączeń metaloidów 23. — §. **28.** Własności i podział metalów 28. — §. **29.** Potasowce 28. — §. **30.** Wapniowce 29. — §. **31.** Glinowce 30. — §. **32.** Metale ciężkie 30. — §. **33.** Cechy związków organicznych 32. — §. **34.** Wodniki węgla 33. — §. **35.** Ciała białkowate 35. — §. **36.** Alkaloidy 37. — §. **37.** Tłuszcze i tłuste oleje 37. — §. **38.** Mydła 37. — §. **39.** Olejki ulotne, żywice 38.

Wytwory fermentacyi. §. **40.** Wstępne doświadczenia 39. — §. **41.** Fermentacya wyskokowa 40. — §. **42.** Fermentacya kwaśna 41. — §. **43.** Gnicie, butwienie 42.

ROZDZIAŁ DRUGI.

Nauka o cieple.

§. **44.** Najważniejsze działania ciepła 42. — §. **45.** Temperatura ciał, pomiar temperatury i ciepła 44. — §. **46.** Termometr rtęciowy

45. — §. **47.** Termometr wyskokowy 46. — §. **48.** Mierzenie ciepła 47. — §. **49.** Wpływ ciepła na zmianę objętości ciał 48. — §. **50.** Zmiana objętości wody pod wpływem ciepła 50. — §. **51.** Topnienie i ciepło topliwości 51. — §. **52.** Krzepnienie płynów 53. — §. **53.** Ulatnianie się cieczy, wrzenie 54. — §. **54.** Skroplenie pary 56. — §. **55.** Ciepło przewodzone 59. — §. **56.** Przewodzenie ciepła w cieczach 60. — §. **57.** Przewodzenie ciepła w gazach 61. — §. **58.** Ciepło promieniowane 62. — §. **59.** Źródła ciepła 64.

ROZDZIAŁ TRZECI.

Nauka o ruchu i równowadze ciał w ogólności.

§. **60.** Ruch i równowaga 65. — §. **61.** Bezwładność ciał 66. — §. **62.** Działanie siły 67. — §. **63.** Prawa ruchu jednostajnego 68. — §. **64.** Prawa ruchu zmiennego 69. — §. **65.** Chyżość podczas ruchu przyspieszonego 71. — §. **66.** Ruch opóźniony 72. — §. **67.** Oznaczenie wielkości siły 73. — §. **68.** Składanie ruchów i sił 74. — §. **69.** Zastosowanie powyższych praw 75. — §. **70.** Rozkładanie sił 76. — §. **71.** Rozłożenie siły ciężkości na równi pochyłéj 77. — §. **72.** Środek ciężkości ciał 77. — §. **73.** Równowaga ciał podpartych 78. — §. **74.** Stałość podparcia 79. — §. **75.** Rzuty 80. — §. **76.** Ruch centralny 81. — §. **77.** Siła odśrodkowa 82. — §. **78.** Ruch wahadłowy 83. — §. **79.** Wahadło fizyczne 85. — §. **80.** Zastosowanie wahadła 86. — §. **81.** Przeszkody ruchu 87. — §. **82.** Machiny 87. — §. **83.** Dźwignia 88. — §. **84.** Waga 89. — §. **85** a. Kołowrót czyli koło na wale 91. — §. **85** b. Bloki 92. — §. **86.** Równia pochyła 94. — §. **87.** Klin 95. — §. **88.** Śruba 96. — §. **89.** Praca 97. — §. **90.** Zderzenie ciał 98. — §. **91.** Podział mechaniki 99.

ROZDZIAŁ CZWARTY.

Nauka o równowadze i ruchu cieczy.

§. **92.** Własności cieczy 99. — §. **93.** Zachowanie cieczy pod działaniem siły ciężkości 100. — §. **94.** Ciśnienie cieczy na dno naczynia 101. — §. **95.** Ciśnienie cieczy na ściany naczynia 102. — §. **96.** Naczynia połączone 103. — §. **97.** Pęd do góry 105. — §. **98.** Prawo Archimedesa 105. — §. **99.** Zastosowanie prawa Archimedesa 106. — §. **100.** Dalsze zastosowanie prawa Archimedesa 108. — §. **101.** Ciśnienie hydrodynamiczne 109. — §. **102.** Uderzenie cieczy poruszonéj 109. — §. **103.** Przenikanie cieczy (osmoza) 109.

ROZDZIAŁ PIĄTY.

Nauka o równowadze i ruchu gazów.

§. **104.** Własności gazów 110. — §. **105.** Powietrze atmosferyczne 111. — §. **106.** Barometry 112. — §. **107.** Prawo Mariotte'a 114. — §. **108.** Pompa pneumatyczna (wywiewa) 116. — §. **109.** Pompa zgęszczająca 119. — §. **110.** Zastosowanie ciśnienia powietrza atmosferycznego 119. — §. **111.** Pęd do góry w gazach, balony 124. — §. **112.**

Dyfuzya gazów 124. — §. **113.** Wzrost prężności gazów z podniesieniem temperatury 125. — §. **114.** Machina parowa 126.

ROZDZIAŁ SZÓSTY.

O magnetyzmie.

§. **115.** Zjawiska magnetyczne 127. — §. **116.** Magnetyzowanie prętów stalowych 129. — §. **117.** Magnetyzm ziemi 130.

ROZDZIAŁ SIÓDMY.

A. Nauka o elektryczności (statycznéj).

§. **118.** Zjawiska elektryczne 132. — §. **119.** Elektryczność dodatna i ujemna 133. — §. **120.** Elektroskopy 134. — §. **121.** Stan elektryczny ciał pocieranych i ciał trących 134. — §. **122.** Przewodzenie elektryczności 135. — §. **123.** Elektryzowanie ciał 135. — §. **124.** Rozmieszczenie elektryczności na ciałach 137. — §. **125.** Machiny elektryczne 138. — §. **126.** Przyrządy, służące do zgęszczania elektryczności 139. — §. **127.** Doświadczenia z machiną elektryczną 142.

B. Elektryczność voltaiczna (galwaniczna).

§. **128.** Doświadczenia zasadnicze 144. — §. **129.** Galwaniczne elementa (prądniki) 145. — §. **130.** Działania fizyologiczne prądów galwanicznych 146. — §. **131.** Działania chemiczne prądu 147. — §. **132.** Stateczność elementów 148. — §. **133.** Elementa i stosy, częściéj używane 149. — §. **134.** Prądy galwaniczne wywołują ciepło i światło 150. — §. **135.** Działanie prądu galwanicznego na igiełkę zboczenia 151. — §. **136.** Działanie prądów galwanicznych na miękkie żelazo i stal 152. — §. **137.** Indukcya elektryczna 155. — §. **138.** Indukcya magneto-elektryczna 157. — §. **139.** Źródła elektryczności 157.

ROZDZIAŁ ÓSMY.

Nauka o głosie (Akustyka).

§. **140.** O ruchu falowym 160. — §. **141.** Ruch drgający ciał wytwarza głos 160.

A. Ciała brzmiące. §. **142.** Brzmienie ciał stałych 161. — §. **143.** Brzmienie powietrza lub jakiego innego gazu 164. — §. **144.** Rodzaje głosu 164. — §. **145.** Moc głosu 165. — §. **146.** Wysokość głosu 166. — §. **147.** Gamy muzyczne 167. — §. **148.** Współbrzmienie 168. — §. **149.** Narząd głosowy 169. — §. **150.** Barwa tonów 169.

B. O przewodzeniu głosu. §. **151.** Przewodniki głosu 170. — §. **152.** Chyżość przewodzenia w powietrzu fal głosowych 170. — §. **153.** Odbijanie się głosu, odgłos i pogłos 171. — §. **154.** Narząd słuchowy 172.

ROZDZIAŁ DZIEWIĄTY.

Nauka o świetle. (Optyka).

§. **155.** Ciała świecące, ciała ciemne 173. — §. **156.** Rozchodzenie się światła 174. — §. **157.** Moc światła 176. — §. **158.** Odbijanie

się światła, zwierciadła 178. — §. **159.** Zwierciadła płaskie 178. — §. **160.** Zwierciadła wklęsłe 180. — §. **161.** Wielkość i położenie obrazu w zwierciedle wklęsłém 182. — §. **162.** Zwierciadła wypukłe 184. — §. **163.** Załamanie światła 185. — §. **164.** Załamanie światła w graniastosłupie 188. — §. **165.** Soczewki 189. — §. **166.** Załamanie promieni światła w soczewkach skupiających 189. — §. **167.** Załamanie promieni światła w soczewkach rozpraszających 191. — §. **168.** Rozszczepienie światła 192. — §. **169.** Mieszanie barw 194. — §. **170.** Tęcza 195. — §. **171.** Widmo światła, pochodzącego z ciał rozżarzonych 196. — §. **172.** Ciemnia optyczna 197. — §. **173.** Oko ludzkie 197. — §. **174.** Stosowanie oka 198. — §. **175.** Oko ocenia oddalenie i wielkość przedmiotu świecącego 200. — §. **176.** Patrzenie dwojgiem oczu 200. — §. **177.** Narzędzia optyczne 201. — §. **178.** Mikroskopy 201. — §. **179.** Lunety 203. — **180.** Teleskopy 203.

Sprostowanie dostrzeżonych omyłek drukarskich:

Strona	wiersz	zamiast	ma być
91 . . .	18 z góry . . .	§. 85 . . .	§. 85 a.
92 . . .	14 z dołu . . .	§. 85 . . .	§. 85 b.
149 . . .	Fig. 165 przedstawia element Daniela, a nie Bunsena.		

PRZEDMOWA.

Oddając niniejszą książkę do użytku młodzieży szkolnéj, pragnąłem ująć w organiczną całość instrukcyą fizyki, przeznaczoną w planie lekcyjnym na niższe i wyższe klasy szkoły średniéj. Wiem, że ułożenie dobrego podręcznika szkolnego należy w ogóle do zadań bardzo trudnych; wiem, że trudności te występują jeszcze bardziéj, jeśli ten podręcznik ma służyć do użytku młodzieży niższych klas gimnazyalnych lub realnych i jeśli ma zawierać rzeczy, które wymagają dojrzalszego zastanowienia i refleksyi, i które, wiążąc nieprzerwanym łańcuchem przyczyny ze skutkami, natężają zarówno wyobraźnię, jak i władzę rozumowania.

W toku niniejszego dziełka szczérze starałem się, aby wykład nietylko ułatwiał przyswojenie formalnéj wiedzy, ale aby działał również na wyobraźnię, aby zagrzéwał i zachęcał do zamiłowania w téj instrukcyi i przedstawiał, o ile ramy takiéj książeczki na to pozwalały, wielkie i rzetelne korzyści, jakie ludzkość odnosi z rozwoju téj umiejętności.

Idąc za wskazówkami wytrawnych dydaktyków, oparłem wszelkie prawa fizykalne na doświadczeniach, i to jak najprostszych, nie wymagających ani drogich i skomplikowanych przyrządów, ani téż wielkich przygotowań do samych demonstracyj.

Grafika tekstu uwydatnia drukiem większym opis doświadczeń; wynikające z nich prawa fizykalne wypisałem kursywą, a drobnym drukiem objąłem zastosowanie praw wyłożonych, tudzież takie zjawiska, które — jako rzadsze, albo nieco zawilsze — możnaby w danym razie w wykładzie ustnym pominąć.

Używane tu i owdzie w podręcznikach dowody geometryczne na podstawie podobieństwa trójkątów pominąłem, a sko-

rzystałem z metody graficznéj, która, przedstawiając wielkość sił lub dróg przebieżonych odcinkami, umożliwia często rozwiązywanie zagadnień liczebnych z mechaniki zastosowanéj; tą téż metodą uzyskałem wyjaśnienie warunków równowagi na niektórych machinach.

Czy układ książki pod względem dydaktycznym odpowié choć w części zamierzonemu celowi i dobrym moim chęciom, czy dobór rycin i staranność w ich wykonaniu ułatwiły mi to trudne zadanie, raczą osądzić koledzy, którzy oprą naukę szkolną na tym podręczniku; w téj mierze upraszam, by podaniem światłych rad i wskazówek wsparli mię przy opracowaniu powtórnéj edycyi i przyczynili się w ten sposób do polepszenia książeczki, którą dziś ich względom polecam.

We Lwowie, w styczniu 1884. r.

Józef Scleshi.

WSTĘP.

I. Wiórek drzewa suchego, zetknięty z płomykiem świecy, sam się zapala i świeci. Światło palącego się wiórka poznajemy zapomocą wzroku. Zbliżając rękę do owego płomyka, uczujemy ciepło, a to zapomocą innego zmysłu, mianowicie dotyku. Wiórek drzewa doznał zatém zmiany, gdyż przedtém był nieświecącym i zimnym, obecnie zaś świeci i jest gorący.

Na ciałach dostrzegamy rozmaite zmiany zapomocą zmysłów naszych. Zmiany te nazywamy zjawiskami.

Jaką zmianę można wywołać na spokojnie wiszącym dzwonku? Którymi zmysłami poznajemy pojawiające się na nim zjawiska? Podać kilka zjawisk, dostrzeganych wzrokiem, słuchem, dotykiem, smakiem i powonieniem!

II. Uderzając silnie młotkiem o kawałek kredy, spostrzeżemy, że kréda rozsypie się na drobne kawałeczki. Zjawisko to można dostrzéc dwoma zmysłami, wzrokiem i dotykiem. Na tym przykładzie widzimy zarazem przyczynę, która spowodowała, że kréda skruszyła się. Było nią uderzenie młotka.

Po ćwiartce papieru, leżącéj przedemną, poruszam kawałkiem węgla. Jaką zmianę dostrzeżemy na białym papierze? Oto powstanie czarna kréska; przypatrzywszy się bliżéj téj krésce, przekonamy się, iż kawałeczki drobniutkie węgla uczepiły się papieru i utworzyły ową kréskę. To zjawisko wywołała także pewna przyczyna, mianowicie: posunięcie węglem po papierze i przyczepienie się do niego małych okruszyn węgla.

Każdemu zjawisku odpowiada pewna przyczyna.

Laseczka prosta zgina się w moich rękach. Przyczyną tego zginania jest stosowny nacisk obu rąk na ową laseczkę.

Wyliczyć kilka znanych zjawisk i podać dla każdego z nich przyczynę!

Jeżeli znamy przyczynę, która dane zjawisko wywołała, wtedy mówimy: zjawisko jest wytłómaczone.

Związek między zjawiskiem a przyczyną, wyrażony zdaniem, zowie się prawem fizykalném.

Poznanie i wytłómaczenie wszelkich fizycznych zjawisk na świecie, czyli wykrycie wszelkich praw fizykalnych, jest zadaniem nauki fizyki.

III. Aby wytłómaczyć dane zjawisko, należy mu się bacznie przypatrywać i śledzić jego przebieg od początku aż do końca jego trwania. Czynność tę zowiemy obserwacyą. Obserwuje się zjawisko błyskawicy, grzmotu, wschodu lub zachodu słońca i t. d.

Dla lepszego zbadania niektórych zjawisk, wywołujemy je sztucznie zapomocą stosownych przyrządów (aparatów). Postępowanie takie zowiemy doświadczeniem (experymentem). Doświadczenia oddają nam przy rozpoznaniu zjawisk wielkie usługi, gdyż można na danym przyrządzie zjawisko wedle woli powtarzać i na jego przebieg stosownie wpływać.

ROZDZIAŁ PIERWSZY.

A. Ważniejsze fizyczne własności ciał.

§. 1. Rozciągłość. Połóżmy na stole kałamarz, krédę i gąbkę obok siebie. Przypatrując się z uwagą tym trzem przedmiotom, spostrzeżemy, że każdy z nich zabiera pewne miejsce na stole, nadto każdy z nich sięga do pewnéj wysokości w górę ponad stół.

Jeśli na nitce zawiesimy kostkę z drzewa wykrojoną i obok téj kostki poruszać będziemy słomką, łatwo przekonamy się, iż słomka wtedy tylko swobodnie się poruszy, kiedy nie zawadzi o ową kostkę; a ile razy ją w drodze napotka, zawsze zatrzyma się przy niéj. Kostka zajmuje zatém pewną przestrzeń, mianowicie tę, przez którą słomka przejść nie może.

Każde ciało zajmuje pewną przestrzeń. Przestrzeń, którą ciało zajmuje, zowie się objętością tego ciała.

Litr wody, przelany do misy, wypełni ją n. p. do połowy i przybierze kształt owéj części misy, podobnéj do półkuli. Ta sama woda, wlana do flaszki, zajmie kształt téj części flaszki, którą wypełnia. We wszystkich tych wypadkach ilość wody pozostała niezmienna, ale w miarce litrowéj miała woda kształt walca, w misie przybrała kształt półkuli, a we flaszce uzyskała formę baryłeczkowatą.

Przestrzeń, przez ciało zajmowana, posiada pewien kształt, czyli pewną formę.

Wyliczyć znane kształty niektórych ciał! Które ciała zajmują równą przestrzeń, a posiadają przytém rozmaite kształty? U których ciał forma nie da się dokładnie określić? Wylicz kilka ciał bardzo wielkich i bardzo małych!

Przestrzeń, którą ciało zajmuje, a więc i samo ciało, rozciąga się w trzech kierunkach, zwanych długością, szerokością i wysokością.

Na ciałach graniastych można łatwo oznaczyć wszystkie trzy kierunki rozciągłości. U ciał okrągłych nie można rozróżnić odgraniczenia

długości i szerokości, dla tego nazywamy oba te kierunki razem wzięte grubością. Np. drzewo jest grube i wysokie, laseczka jest cienka i krótka. U ciał wklęsłych wysokość zowie sią głębokością. Np. hektolitr, misa, dół są głębokie.

Wszystkie kierunki rozciągłości mierzymy metrem, t. j. 10-milionową częścią ćwiartki południka. Wielkie długości mierzymy wielokrotnościami metra, a więc Deka-Hekto-Kilometrami (Dm., Hm., Km.), małe zaś rozmiary wielokrotnymi częściami metra, t. j. decy-centy-milimetrami (dm., cm., mm.).

Zewnętrzna część każdego ciała zowie się jego powierzchnią. Ta składa się z części, zwanych płaszczyznami. Płaszczyzny są od siebie odgraniczone krawędziami.

Oznacz wielkość trzech kierunków na niektórych ciałach, np. tablicy, graniastym kałamarzu, piecu, szafie i t. d. Oznacz wielkość górnéj płaszczyzny stolika, podłogi w sali i t. d. Jaka jednostka służy do mierzenia *a)* powierzchni *b)* objętości? Jakie są jednostki miernicze większe i mniejsze od metra kwadratowego, od metra kubicznego?

§. 2. Nieprzenikliwość. Na tém miejscu, w którém na stole stoi kałamarz, nie mogę położyć kredy; kréda stanie dopiero wtedy na miejscu, zajmowaném przez kałamarz, jeśli kałamarz posuniemy.

Wkładając palec do szklanki, wodą całkiem napełnionéj, spostrzeżemy, iż woda przelała się nieco na papier, podstawiony pod szklankę. Palec ręki i woda nie mogły pomieścić się równocześnie w témsamém miejscu: woda musiała ustąpić palcowi i przelała się przez kresy szklanki.

W jednéj i téjsaméj przestrzeni nie mogą dwa ciała pomieścić się równocześnie. Wszystkie ciała są zatém nieprzenikliwe.

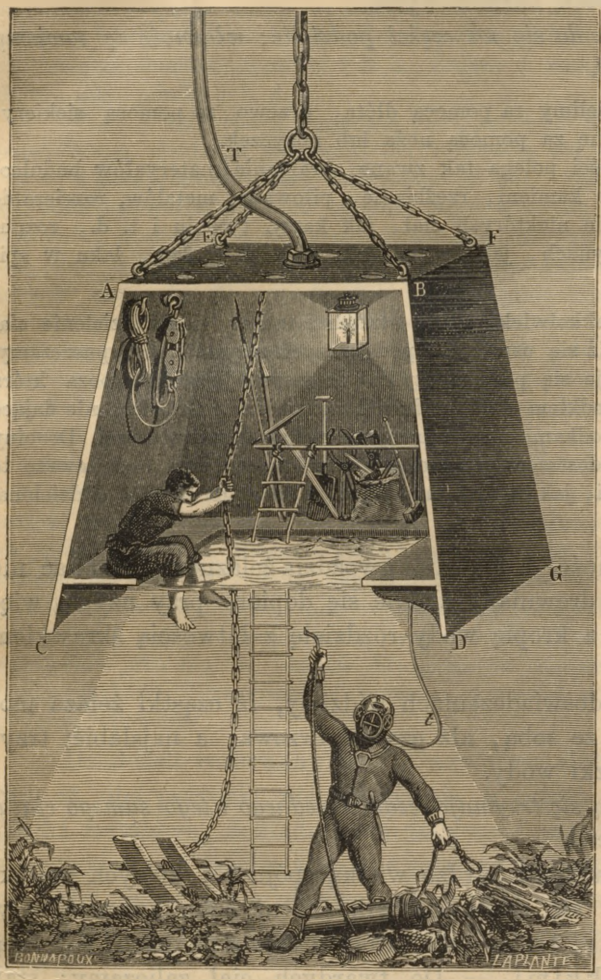
Powietrze jest także nieprzenikliwe, woda bowiem nie wejdzie do flaszki przez lejek przylegający szczelnie do szyjki flaszki tak długo, dopóki powietrze z flaszki nie ustąpi szparami, utworzonymi przez zwolnienie lejka w szyjce flaszki. Jeśli wpuszczamy wodę wąskim promieniem przez ów lejek, to dostanie się ona do flaszki nawet i wtedy, gdy lejek jest w szyjce szczelnie osadzony. Dlaczego?

Fig. 1.

W obszerném naczyniu szklaném (Fig. 1.), napełnioném wodą, umieszczamy na korku stoczek zapalony tak, aby mógł pływać na powierzchni wody. Jeśli drugim węższym słojem przykryjemy stoczek i wciśniemy słój tak głęboko, dopóki nie stanie na dnie szerszego naczynia, to zejdzie i stoczek na dno, ale daléj palić się będzie. Dlaczego?

Stoczek zgaśnie dopiero po niejakim czasie, gdyż zabraknie w słoju téj części powietrza, która podtrzymuje gorenie stoczka.

Fig. 2.



Na tém ostatniém doświadczeniu opiera się urządzenie dzwonu nurkowego (Fig. 2.), używanego do wydobywania z dna morskiego gąbek, pereł, przedmiotów, które potonęły — przy budowlach podwodnych i t. d.

Rurą kauczukową *T*, na obrazku od skrzyni w górę idącą, wprowadza się ciągle świeże powietrze. Na co? Robotnik, który zeszedł na dół, ubrany w odzież nieprzemakalną, oddycha powietrzem, płynącém z dzwonu nurkowego wąską rurką *t*, może zatém dłuższy czas przebywać na dnie morza.— Rury wywiewne, umieszczone w formach, służących do odlewów metalowych, odprowadzają powietrze podczas wlewania wrzątku metalowego; w przeciwnym bowiem razie powietrze, w formie zamknięte, utrudniłoby dla swéj nieprzenikliwości utworzenie wiernego odlewu.

§. 3. Podzielność. Kawałeczek cukru kruszę młotkiem. Na podstawionéj płytce szklanéj widzę teraz proszek biały; cukier rozpadł się zatém na bardzo małe cząsteczki, które okiem ledwie dojrzeć mogę.

Karmin wielkości ziarnka maku, wrzucony do flaszki, napełnionéj wodą, rozpuszcza się w téj wodzie i zabarwia ją na

czerwono. Ziarnko karminu rozpadło się zatém we wodzie na tak małe cząsteczki, iż ich okiem z osobna dopatrzeć nie można, jakkolwiek w każdéj kropli wody zabarwionéj musi pływać bardzo wiele takich cząstek karminowych.

Każde ciało da się na części podzielić; własność tę zowiemy podzielnością ciał.

Kamienie dzielimy za pomocą dłóta, drzewo za pomocą siekiery; papier, płótno, słomę za pomocą noża lub nożyczek.

Na podzielności polega tak zwane obrabianie materyałów budulcowych, ociosywanie kamieni, rzeźbienie, piłowanie metalów, rozcieranie zboża, proszkowanie niektórych ciał, jak kawy, tytoniu i t. d., rozpuszczanie ciał w płynach, jak np. cukru i soli we wodzie, laku w spirytusie i t. d.

Uwaga. Jakkolwiek można otrzymać przez ciągłe dzielenie ciał tak małe cząstki, iż się usuwają z pod naszych zmysłów, przypuszczamy, że to dzielenie daje się posuwać tylko do pewnéj granicy, poza którą cząstek żadnym środkiem daléj podzielić nie można. Cząstki, nie dające się już podzielić środkami mechanicznymi, nazywamy drobinami. Drobiny żadnym zmysłem dostrzéc nie można; wszelako posiada ona zawsze te wszystkie własności, jakie miał przedmiot, z którego została oddzielona.

§. 4. Spójność. I. Palcami gwoździa żelaznego rozerwać nie mogę, patyczek drewniany złamie się dopiéro przy użyciu większego nacisku, a kroplę wody rozdzielę z łatwością skrawkiem papieru.

Przy tych doświadczeniach widzimy, iż cząstki żelaza mocniéj są spojone ze sobą, niż cząstki drzewa, a najsłabiéj trzymają się cząsteczki wody.

Siłę, z jaką się trzymają cząstki jednego i tego samego ciała, zowiemy spójnością.

Ciała, posiadające bardzo wielką spójność, których cząstki zatém pozwalają się rozdzielić tylko za użyciem znacznéj siły, zowią się twarde; te zaś ciała, które z łatwością dzielić się dają, nazywamy miękkimi. — Do twardych ciał zaliczamy: stal, żelazo, szkło, granit, piaskowiec i t. d.

Niektóre metale można sztucznie stwardzić. Np. żelazo ogrzewamy do czerwoności, a następnie ochładzamy je nagle; żelazo takie jest znacznie twardsze po ochłodzeniu.

W ten sposób stwardzają druty do robienia pończoch, igły do szycia i ostrza stalowe do nożów. Odwrotnie drut twardy można odhartować, jeśli go do czerwoności ogrzejemy i następnie powolnie ochłodzimy. Tém się tłómaczy powolne odhartowywanie nożów stołowych.

Ciała twarde są zwykle kruche. Ciała kruche rozsypują się pod pewnym naciskiem na drobne kawałeczki. Np. kréda, szkło, lak, stal angielska i t. d.

Ciała twarde mają wielorakie zastósowanie. Drzewo, kamienie i żelazo bywają używane dla swéj twardości a témsamém i trwałości do budowy domów, mostów i t. d. Żelaza i stali używają na noże, dłóta, igły, pilniki i t. d.

Woda i inne ciecze posiadają małą spójność, dla tego przy użyciu niewielkiego ciśnienia cząsteczki ich rozsuwają się z wszelką łatwością.

W praktyczném życiu korzystamy z ciał, które posiadają wielką spójność. Cząstki takich ciał opierają się w wysokim stopniu rozerwaniu, złamaniu, zgnieceniu i skręceniu. Opór ten zowiemy także wytrzymałością ciał. Rozróżniamy: 1) wytrzymałość bezwzględną, 2) wytrzymałość przeciw złamaniu, 3) wytrzymałość przeciw zgnieceniu, 4) wytrzymałość przeciw skręceniu.— Wytrzymałość przeciw rozerwaniu, zwana także bezwzględną, jest tém większą, im grubsze jest ciało; długość ciała nie wywiera tu żadnego wpływu. Nadto wpływa na wytrzymałość przyroda samego ciała. Druty żelazne w skutek przeciągania przez drutownice uzyskują bardzo zbitą warstwę na powierzchni, są dlatego nierównie trwalsze, niż grubsze nawet pręty żelazne. Drzewo np. w kierunku włókien jest najwytrzymalsze, gałęzie i korzenie są słabsze od pnia. Wytrzymałość sznurów i lin jest tém większą, im delikatniejsze i mniéj skręcone są pojedyncze nitki. Plecione sznury są mocniejsze od skręcanych, mokre słabsze od suchych, smołą napuszczone słabsze od niesmolonych. Ciał o wielkiéj wytrzymałości przeciw złamaniu (względnéj) używają jako belków pod sufity, mosty i t. d., zaś o wielkiéj wytrzymałości przeciw zgnieceniu jako filarów, słupów dźwigających rusztowanie mostów, sklepień, dachów. Wytrzymałość przeciw skręceniu występuje u świdrów podczas wiercenia.

II. Jeżeli rozerwany pręcik napowrót złożymy, spostrzeżemy, iż oba patyczki nie spajają się w całość pierwotną. Dwie płytki metalowe, dokładnie wygładzone i przyciśnięte do siebie, spajają się, lecz bardzo słabo; wystarcza bowiem lekkie szarpnięcie, aby jednę płytę oderwać od drugiéj. Dwa kawałki ołowiu, ściśnięte zapomocą obcążek, spajają się i tworzą jeden kawałek ołowiu.

Z tych trzech doświadczeń widzimy, iż spójność działa z nader małéj odległości. Złamu obu patyczków nie zdołaliśmy tak przycisnąć, aby spojenie nastąpić mogło; gładkie krążki metalowe łatwiéj przybliżyć do siebie, dlatego działanie spójności było już widoczne. Cząstki zaś miękkiego ołowiu można było zbliżyć do siebie do tego stopnia, iż się zrosły oba kawałki.

Siła spójności działa na drobiny z bardzo małego oddalenia, zowiemy ją dlatego także siłą drobinową albo międzydrobinową.

§. 5. Przyczepność. Miejsce na papierze, po którém poruszyłem ołówkiem, zostało na szaro zabarwione. Przypatrzywszy się dokładniéj téj szaréj linijce, spostrzeżemy, iż składa się z drobniutkich cząsteczek grafitu, które się uczepiły powierzchni papieru.

Linia, zrobiona kredą na tablicy, składa się z okruchów kredy, przylegających do tablicy. Okruchy te widzimy wolném okiem z większéj nawet odległości.

Doświadczenia te dowodzą, iż nietylko cząsteczki jednego ciała przyciągają się wzajemnie, ale i cząsteczki dwóch ciał rozmaitych mogą się wzajemnie przytrzymywać.

Siłę tę międzycząstkową, która przyciąga drobiny dwóch różnorodnych ciał, zowiemy siłą przyczepności.

Siła przyczepności musi być większa od spójności jednego ciała, gdyż wtedy tylko mogą się oderwać cząstki od reszty ciała i przyczepić się do ciała drugiego.

Na przyczepności polega pisanie, rysowanie, powlekanie pokostami, klejenie, farbowanie i t. d.

§. 6. Podatność ciał. Kulka ołowiu, ściśnięta obcążkami, spłaszcza się i przybiera kształt płaskiego krążka. Drucik prosty miedziany, zgięty w kółko, zachowa i nadal kształt koła. Blaszka cynowa, zwinięta w rurkę, zatrzymuje i nadal formę rurki.

Ciała takie, które kształt zmieniony nadal zachowują, nie tracąc spójności, zowiemy podatnymi.

Ołów, miedź, cyna, żelazo, srebro, złoto, platyna są ciałami podatnymi.

Ciała podatne mają wielkie zastosowanie w życiu codziennem, gdyż można z nich wyklepywać blachy albo wyciągać druty.

Złoto jest najbardziéj klepalne, po niém następuje miedź i srebro.

Najcieńsze druty można wyciągać z platyny i srebra, a następnie z żelaza.

Co się wyrabia z blachy? Kiedy używamy drutów?

§. 7. Sprężystość ciał. Mam pasek elastyki, z jakiéj wyrabiają piłki do grania. Trzymając w palcach oba końce tego paska, wyciągam go ostrożnie, następnie zwalniam jeden koniec. Cóż spostrzegamy? Oto pasek, przed chwilą wyciągnięty, skurczył się na powrót i odzyskał pierwotną (początkową) długość.

Kijek z trzciny cukrowéj, sparty na stole jednym końcem, można znacznie wygiąć za pomocą nacisku, wywieranego na drugim końcu laseczki; laseczka wraca atoli natychmiast w da-

wne położenie, skoro nacisk ustąpi, a z dawnego zgięcia niema najmniejszego śladu.

Cząstki elastyki i trzciny posiadają szczególniejszą własność, iż po wychyleniu z pierwotnego położenia wracają na powrót do niego. Powodem tego wracania cząstek jest także siła międzycząstkowa, która przytrzymuje je w pewnych niezmiennych położeniach.

Ciała takie, których cząstki po wysunięciu wracają w pierwotne położenia, zowiemy sprężystymi, a siłę międzycząstkową, która drobiny z położeń wychylonych na powrót sprowadza, siłą sprężystości.

Kość słoniowa, fiszbin, druty, sprężyny stalowe, siano, słoma, pierze, włosień są ciałami sprężystymi.

Podać kilka przykładów, do czego każde z ciał, powyżej wymienionych, bywa używane w życiu codziennem? Które z nich mają najbardziej rozpowszechnione zastosowanie?

Fig. 3.

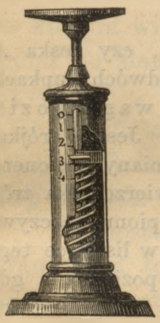
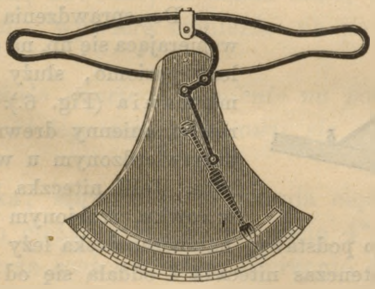


Fig. 4.



Chcąc ciało ochronić przed uszkodzeniem wskutek mocniejszych wstrząśnień lub uderzeń, owijamy je drobnymi ciałami sprężystymi, jak wiorami stolarskimi, słomą, papierem i t. d. Dlaczego? Wagi sprężynowe (Fig. 3.) i siłomierze (Fig. 4.) służą do mierzenia ciężaru ciał lub w ogóle wielkości sił działających.

Doświadczenie uczy, iż cząstki jakiegoś ciała pozwalają się wychylić do pewnéj granicy, z któréj jeszcze w pierwotne położenia wracają. Wysunięte poza tę granicę pozostają na jakiémś pośredniém miejscu.

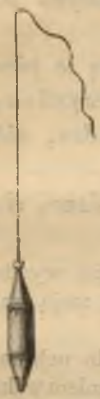
Największe wychylenie, z jakiego cząstki pod działaniem siły sprężystości jeszcze dokładnie w swe dawne miejsce wracają, nazywamy granicą sprężystości.

W życiu praktycznem gumielastyka, róg i sprężyny stalowe przy zginaniu mają wielką granicę sprężystości; szkło, stal przy gnieceniu posiadają małą granicę sprężystości.

§. 8. Ciężkość. Kawałeczek kredy, wypuszczony z rąk, upada na ziemię, tosamo dzieje się z orzechem, z kulką ołowiu, skrawkiem papieru i t. d.

Kulka ołowiu, zawieszona na nitce i wypuszczona z rąk, upada natychmiast ku ziemi, i to tak daleko, jak nitka na to pozwala. Kuleczka wypręża przytém nitkę i zatrzymuje się. Gdy kawałek kredy wypuścimy z ręki przy téj wyprężonéj nitce, spostrzeżemy, że spadnie na podłogę, lecąc wzdłuż owéj wyprężonéj nitki. Kierunek wyprężonéj nitki zowiemy kierunkiem pionowym.

Fig. 5.

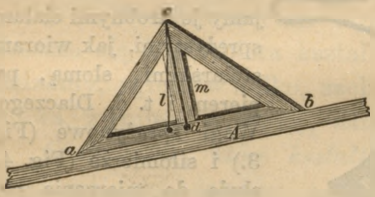


Ziemia ciągnie wszystkie ciała ku sobie, skutkiem tego przyciągania poruszają się wszystkie ciała pionowo ku ziemi.

Kierunek, w jakim ciało leci ku ziemi, wskazuje, jak już powiedziano, nitka, wyprężona wolno wiszącą kulką ołowiu. Płaszczyzna, prostopadła do owego kierunku, zowie się płaszczyzną poziomą.

Do ocenienia, czy mur wzniesiono pionowo na ziemi, służy pion murarski (Fig. 5.). Jeśli nitka wraz z kulką, przysunięta do muru, przylega do niego, natenczas mur wznosi się pionowo nad ziemią. Dla czego?

Fig. 6.



Do sprawdzenia, czy deska *A*, wspierająca się np. na dwóch słupkach, leży poziomo, służy waga poziomowania (Fig. 6.). Jestto trójkąt równoramienny drewniany z pionem, przytwierdzonym u wierzchołka trójkąta. Jeśli niteczka pionu spoczywa w rowku, zrobionym w listewce tego trójkąta pionowo do jego podstawy, natenczas deska leży poziomo, a gdy deska leży pochyło, natenczas niteczka *l* oddala się od owego rowku. Dla czego?

Gdybyśmy kierunek pionu murarskiego przedłużyli, to ta linia przejdzie przez środek ziemi. Ziemia ciągnie zatém wszystkie ciała w kierunku przechodzącym przez jéj środek.

W kierunku pionowym opadają krople deszczu w powietrzu spokojném, owoce z drzew; ciężarki u zegarów wahadłowych, świeczniki (pająki) zawieszone w kościele i t. d.

Nietylko ziemia przyciąga wszystkie ciała do siebie, ale w ogóle wszystkie ciała przyciągają się wzajemnie. Jeśli oba ciała są małe, nie mogą poruszać się ku sobie; ale jeśli jedno ciało jest bardzo wielkie, a drugie stosunkowo bardzo małe, natenczas ciało mniejsze poruszy się ku wielkiemu. Kula ołowiu o średnicy kilku metrów przyciągnie ku sobie małą kuleczkę drewnianą, zawieszoną na niteczce.

Ziemia przyciąga do siebie nietylko przedmioty, rozmieszczone na jéj powierzchni, ale i inne ciała niebieskie, znacznie od niéj oddalone. Księżyc towarzyszy nieustannie ziemi i krąży około niéj wskutek przyciągania. Słońce przyciąga ziemię i inne planety.

Powszechne przyciąganie ciał odkrył Newton.

Przyciąganie dwóch ciał nie jest zawsze jednakowe, zależy mianowicie od masy ciał i od oddalenia: doświadczenie uczy, że jeśli przyciągające się ciała są dwa razy więcéj niż pierwéj oddalone, wtedy przyciąganie jest od poprzedniego 4 razy mniejsze, jeśli oddalenie staje się 3, 4, 5 razy większém, to przyciąganie jest wtedy 9, 16, 25 razy mniejszém. Przyciąganie maleje zatém z kwadratem oddalenia.

§. 9. Ciężar bezwzględny i ciężar gatunkowy. W chwili, kiedy kréda, wypuszczona z rąk, opadać poczyna, podstawiam pod nią ćwiartkę papieru i widzę, iż kréda zatrzymuje się na tym papierze, ale go nieco wygina. Wygięcie to świadczy, że kréda ciśnie na papier. Kuleczka ołowiu, wyprężająca sznureczek, na którym wisi, dowodzi, iż każde ciało, powstrzymane podczas ruchu ku ziemi, wywiera ciśnienie na podstawę, która je podtrzymuje.

Każde ciało wywiera ciśnienie na podstawę, na któréj się spiera. Wielkość tego ciśnienia zowie się ciężarem bezwzględnym ciała.

Jednostka, służąca do mierzenia ciężarów, zowie się kilogram. Jest to ciężar wody (o ciepłocie 4° C.), zawartéj w litrze czyli decymetrze sześciennym. Mierzenie ciężaru bezwzględnego ciał uskuteczniamy zapomocą wagi.

Budowy pod ciężarem własnym wgniatają się w ziemię; wozy ładowne wyciskają ślad na drodze, walce żelazne, napełnione wewnątrz wodą, rozgniatają kamienie na drodze i wciskają odłamki kamieni w głąb ziemi.

Im większy ciężar posiada jakieś ciała, tém więcéj zawiera w sobie cząstek, czyli tém większą posiada masę.

II. Kawałek ołowiu wielkości centymetra sześciennego i taki sam kawałek żelaza ważę na wadze. Ciężar kostki centymetrowéj ołowiu wynosi nieco więcéj niż 11 gramów, a żelaza 7,6 gramów; z ważenia tego przekonuję się, że ołów waży więcéj, aniżeli żelazo téjsaméj objętości. Kostka centymetrowa korku waży tylko $\frac{1}{5}$ grama, a więc jest lżejszą od ołowiu i żelaza téjsaméj objętości.

Ciężar jakiegoś ciała, posiadającego objętość centymetra sześciennego, nazywamy ciężarem gatunkowym tego ciała.

Ciężar gatunkowy wody wynosi 1 gram, drzewa korkowego $0{,}24$ gr., lodu przy 0^{0} C., $0{,}11$ gr., soli kuchennéj $2{,}07$ gr., cynku $6{,}86$ gr., cyny $7{,}29$ gr., żelaza $7{,}6$ gr., miedzi 9 gr., srebra $10{,}55$ gr., ołowiu $11{,}38$ gr., rtęci $13{,}6$ gr., złota $19{,}36$ gr., platyny $21{,}74$ gr.

Z okoliczności, iż np. miedź o objętości 1 cent. sześciennego waży 9 razy więcéj, aniżeli woda téjsaméj objętości, wnosimy, że w tym kawałku miedzi jest 9 razy więcéj zawartych cząstek, aniżeli we wodzie o objętości 1 cent. sześciennego, że zatém miedź jest 9 razy gęstszą, aniżeli woda. Z porównania ciężarów gatunkowych dwóch ciał możemy oznaczyć, ile razy jedno ciało jest gęstsze albo rzadsze od drugiego.

Zwykle uskuteczniamy porównanie ciężaru gatunkowego wszystkich ciał z ciężarem gatunkowym wody. Dla tego gęstość miedzi wyraża liczba (niemianowana) 9, gęstość srebra $10{,}55$, złota $19{,}36$ i t. d.

Jeżeli mamy np. 7 cm. sześciennych miedzi, natenczas łatwo oznaczyć i ciężar bezwzględny miedzi, gdyż 1 cm. sześc. miedzi waży 9 gr., a 7 cm. sześc. ważyć będą $9 \times 7 = 63$ gr.

Ciężar jakiegoś ciała możemy zatém oznaczyć, mnożąc objętość tego ciała przez jego ciężar gatunkowy.

Zapomocą téj reguły można oznaczyć ciężar bezwzględny bardzo wielkich ciał, których nie możemy zważyć na wadze; należy tylko obliczyć objętość tego ciała i pomnożyć ją jego ciężarem gatunkowym.

Objętość słupa żelaznego wynosi $3{,}5$ metr. sześc.; jak wielki jest ciężar bezwzględny téj bryły? Kula odlana z ołowiu posiada objętość 4 m. sześc.; ile waży ta kula? Bryła soli kamiennéj waży 2.000 Kg.; jak wielką jest objętość téj bryły? Graniastosłup granitowy o objętości 2 m. sześc. waży 5.600 Kg.; ile wynosi ciężar gat. granitu?

B. Ważniejsze chemiczne własności ciał.

§. 10. Określenia wstępne. I. Kawałeczek siarki koloru żółtego wkładam na łyżkę i ogrzewam ostrożnie nad płomykiem lampki spirytusowéj. W krótkim czasie siarka topnieje, a następnie zapala się, wydając ostry zapach; przytém powoli znika, gdyż zmienia się w gaz, t. j. ciało lotne, do powietrza podobne. Klucz żelazny, trzymany dłuższy czas na wilgotném powietrzu, zmienia się na swéj powierzchni, tam bowiem żelazo przeistacza się w rudy proszek, rdzą nazwany.

Z obu powyższych doświadczeń widzimy, iż pod pewnymi warunkami może ciało, posiadające pewne własności, zamienić się na inne ciało, zupełnie niepodobne do pierwotnego.

Rtęć, ciało płynne, koloru srebrzystego, o połysku metalicznym, mieszam z siarką, na miałko sproszkowaną, i ogrzewam w probierce szklanéj. Po pewnym czasie spostrzegam, iż rtęć i siarka znikły z probierki, a na ich miejsce pozostał proszek czerwony, z którego wyrabiają farbę, zwaną cynobrem.

W tém doświadczeniu utworzyło się z rtęci i siarki ciało, zupełnie niepodobne ani kolorem ani innymi własnościami tak do siarki jak i do rtęci.

Jeżeli z dwóch lub więcéj ciał tworzy się jedno ciało, niepodobne do żadnego z tych, z których powstało, wtedy mówimy: ciała połączyły się chemicznie. (Synteza chemiczna).

II. Przez wodę, wypełniającą 2 wałeczki szklane, przepuszczam prąd elektryczny. W krótkim czasie spostrzegam, iż w obu wałeczkach ubywa wody, a natomiast gromadzą się dwa gazy, z których jeden jest rzadszy od powietrza atmosferycznego i łatwo zapalny; zowie się on wodem albo wodorem. W drugim wałeczku zebrany gaz jest nieco gęstszy od powietrza atmosferycznego, nie pali się tak jak tamten na powietrzu, ale podtrzymuje palenie; jest to tlen.

Jak z tego widzimy, z jednego ciała mogą powstać dwa, a czasem nawet więcéj ciał nowych, niepodobnych do ciała pierwotnego i różniących się między sobą własnościami fizykalnymi.

Jeśli z jednego ciała powstaje dwa lub kilka ciał nowych, do pierwotnego niepodobnych, wtedy mówimy: ciało zostało chemicznie rozłożone. (Analiza chemiczna).

Naukę, zajmującą się sposobami składania i rozkładania chemicznego ciał i opisującą zjawiska, towarzyszące powyższym objawom, nazywamy chemią.

Jako przyczynę łączenia się ciał ze sobą uważamy siłę, którą nazwano siłą chemicznego powinowactwa, albo krótko, powinowactwem chemicznem. Siła ta zespala najdrobniejsze cząstki ciał (atomy), podobnie jak spójność lub przyczepność drobiny, ale w stopniu nierównie wyższym.

Powinowactwo chemiczne objawia się u różnych ciał niejednakowo. W zwykłéj temperaturze może połączyć się ze sobą tylko mała liczba ciał; w podwyższonéj temperaturze łączą się natomiast ciała z wielką łatwością z małymi tylko wyjątkami (metale szlachetne). Często rozkładają się związki chemiczne ciał, gdy je ogrzejemy do bardzo wysokiéj temperatury. Rtęć np. w zwykłéj temperaturze nie łączy się z tlenem; oba te ciała, ogrzane do 300° C., łączą się i tworzą czerwoniawo żółty proszek, zwany tlenkiem rtęci albo też merkuryuszem czerwonym, a merkuryusz czerwony, ogrzany daléj aż do 400° C., rozkłada się chemicznie na tlen i rtęć.

Ogrzewając miedź w zetknięciu z tlenem do ciepłoty czerwonego żaru, zamienimy ją w czarny proszek, który jest połączeniem miedzi i tlenu, a nazywa się tlenkiem miedzi; srebro natomiast, ogrzane do tegosamego stopnia w tlenie, pozostaje niezmienione, nie łączy się zatém z tlenem.

Miedź i srebro okazują przeto nierówne powinowactwo do tlenu.

Siłę chemicznego powinowactwa można do działania pobudzić nietylko podniesieniem temperatury ciał zetkniętych, ale innymi jeszcze środkami, jak n. p. za pomocą światła, elektryczności i t. p.

Ciała, których dotąd nie umiemy chemicznie rozłożyć, nazywamy ciałami prostymi albo pierwiastkami.

§. 11. Prawo łączenia się pierwiastków w stosunkach stałych. Dwa ciała sproszkowane można ze sobą zmieszać w ilościach dowolnych. Ciało stałe możemy w stosownym płynie rozpuścić w ilości rozmaitéj, ale tylko do pewnego stopnia. Dorzucając bowiem do roztworu (po trochę) tegosamego ciała, spostrzeżemy, iż się rozpuszcza tak długo, dopóki roztwór nie osiągnie stanu nasycenia. Przy roztwarzaniu ciał istnieje zatém pewna granica, poza którą ciało stałe już się więcéj nie rozpuści w roztworze nasyconym. Podczas chemicznego łączenia należy użyć ilości dokładnie oznaczonéj obu ciał. Jeśli jest więcéj lub mniéj jednego ciała, tedy pewna część jednego lub drugiego ciała pozostanie niepołączoną.

Z licznych doświadczeń przekonano się, iż: *wszelkie ciała łączą się ze sobą co do wagi w pewnym stałym stosunku.*

Wagę najmniejszéj ilości wodoru, wchodzącego w połączenie chemiczne, przyjęto za jednostkę i stwierdzono, że najmniejsza ilość tlenu, wchodząca w połączenie z innem jakiém ciałem, jest 16 razy cięższą od najmniejszéj ilości wodoru, która bierze udział w chemicznem łączeniu. Najmniejsza ilość srebra waży 108, a miedzi 63,4 razy więcéj od onéj wagi wodoru, którą przyjęliśmy za jednostkę.

Ciężary najmniejszych ilości pierwiastków, wchodzących w chemiczne związki, nazywamy ciężarami atomowymi.

Pierwiastki oznaczamy w skróceniu literami początkowymi ich nazw łacińskich, n. p.: tlen (oxygenium) znaczymy literą *O*. Ta litera wyraża i ciężar atomowy tlenu, który, jak wiemy, wynosi 16. *C* oznacza miedź (cuprum) wraz z ciężarem atomowym = 64,4; *Ag* oznacza srebro (argentum) i jego ciężar atomowy = 108; *H* oznacza wód (hydrogenium) i jego ciężar atomowy = 1.

§. 12. Tablica pierwiastków, podaną poniżéj, obejmuje tylko pierwiastki powszechnie znane, które mają ważniejsze znaczenie w przyrodzie i na które wypadnie nam się odwołać w późniejszych ustępach.

Nazwa		Znak	Ciężar atomowy
Polska	Łacińska		
Antymon,	*Stibium*	Sb	122
Arsen,	*Arsenium*	As	75
Azot,	*Nitrogenium*	N	14
Bar,	*Baryum*	Ba	137
Bizmut,	*Bismuthum*	Bi	210
Bor,	*Borum*	B	11
Brom,	*Bromum*	Br	80
Chlor,	*Chlorum*	Cl	35,5
Chrom,	*Chromum*	Cr	52,2
Cyna,	*Stannum*	Sn	118
Cynk,	*Zincum*	Zn	65
Fluor,	*Fluorum*	Fl	19
Fosfor,	*Phosphorus*	P	31
Glin,	*Aluminium*	Al	27,4
Jod,	*Iodum*	J	127
Kadm,	*Cadmium*	Cd	112
Kobalt,	*Cobaltum*	Co	59
Krzem,	*Silicium*	Si	28
Lit,	*Lithium*	Li	7
Magn,	*Magnesium*	Mg	24
Mangan,	*Manganum*	Mn	55
Miedź,	*Cuprum*	Cu	63,4
Nikiel,	*Nicolum*	Ni	58
Ołów,	*Plumbum*	Pb	207
Platyna,	*Platina*	Pt	198
Potas,	*Kalium*	K	39
Rtęć,	*Hydrargyrum*	Hg	200
Selen,	*Selenium*	Se	79
Siarka,	*Sulfur*	S	32
Sód,	*Natrium*	Na	23
Srebro,	*Argentum*	Ag	108
Stront,	*Strontium*	Sr	88
Telur,	*Tellurium*	Te	128
Tlen,	*Oxygenium*	O	16
Wapń,	*Calcium*	Ca	40
Węgiel,	*Carbonium*	C	12
Wód,	*Hydrogenium*	H	1
Żelazo,	*Ferrum*	Fe	56
Złoto,	*Aurum*	Au	197

Połączenia chemiczne wyrażamy często wzorami, utworzonymi ze znaków tych pierwiastków, które weszły w związek chemiczny; obok znaku dopisujemy liczbę, która powiada: ile każdego pierwiastku weszło w dane połączenie. N. p. Wodę pisze się znakiem H_2O; H_2 oznacza, iż w tym związku dwie jednostki wagowe wodu wzięły udział w połączeniu z 16 jednostkami wagowymi tlenu. — Kwas siarkowy $= SO_4H_2$; wzór ten okazuje, iż 32 jednostek siarki połączyło się z $4 \times 16 = 64$ jednostkami tlenu i dwiema jednostkami wagowymi wodu.

Dwa ostatnie przykłady wskazują, iż pierwiastki łączą się nietylko w stosunku swych ciężarów atomowych, ale łączą się także i wielokrotnościami tych ciężarów atomowych.

Podział i opis najważniejszych pierwiastków.

§. 13. Podział pierwiastków. Wszystkie pierwiastki dzielimy na dwie wielkie gromady, — na metaloidy i metale.

Metaloidy nie mają połysku metalicznego, są złymi przewodnikami ciepła i elektryczności, wchodzą w związki z wodem. Do téj gromady zaliczamy wód, chlor, brom, jod, fluor, tlen, siarkę, azot, fosfor, arsen, antymon, bor, krzem, węgiel i wiele innych, w życiu praktycznem mniéj ważnych.

Metale mają właściwy połysk metaliczny, są dobrymi przewodnikami ciepła i elektryczności; połączeń metalów z wodem dotąd nie znamy. Tu należą: 1) potasowce, jak n. p. potas, sód, lit i t. d.; 2) wapniowce, jak wapń, bar i t. d. 3) glinowce: glin, 4) metale ciężkie: srebro, złoto, platyna, żelazo, miedź, cyna, cynk, ołów i t. d.

A. Metaloidy.

§. 14. Wód = H. Działaniem prądu elektrycznego rozłożyliśmy wodę na dwa składniki chemiczne, t. j. wód i tlen.

Wód jest gazem bezbarwnym i bezwonnym, 14 razy lżejszym od powietrza atmosferycznego. Ogrzany do odpowiedniéj temperatury na powietrzu zapala się, a gorejąc płomykiem słabo świecącym, łączy się z tlenem, zawartym w powietrzu atmosferycznem i tworzy z nim wodę.

W przyrodzie pojawia się zawsze tylko w połączeniu z innymi pierwiastkami, mianowicie: z tlenem w wodzie, z węglem w oleju skalnym i wosku ziemnym; z węglem i tlenem, lub z węglem tlenem i azotem w rozlicznych związkach w świecie ro-

ślinnym i zwierzęcym, czasami ze siarką w tak zwanych wodach siarczanych.

Fig. 7.

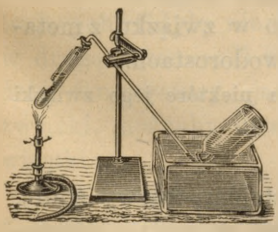
Najłatwiéj otrzymać można wód z wodnistego kwasu siarkowego (SO_4H_2), którym wypełniamy 3cią część flaszki (Fig. 7.), zawierającéj na dnie kilka kawałeczków cynku. Cynk łączy się z tlenem kwasu siarkowego i ze siarką, dając siarkan cynku (SO_4Zu), a uwolniony wód uchodzi wąską rureczką do zbiornika. Od czasu do czasu dolewamy lejkiem, w korku stale osadzonym, po kilka kropel kwasu.

Wodu używano dawniéj do napełniania balonów, dziś zastępuje go w tém użyciu tańszy gaz świetlny. Używają go do osiągnięcia wysokiéj temperatury, wód bowiem, spalony w atmosferze czystego tlenu, daje najwyższą temperaturę, jaką dotąd osiągnąć było można. W téj temperaturze topi się platyna, a wapno rozżarzone w płomyku wodu wydaje białe, olśniewające światło (Światło Drumonda).

§. 15. Tlen = O = 16. Drugi pierwiastek, uzyskany z rozkładu wody, jest tlen, gaz bezbarwny, nieco cięższy niż powietrze atmosferyczne; nie posiada zapachu ani smaku, na powietrzu niezapalny, natomiast podtrzymuje żywo palenie i jest niezbędnie potrzebny do oddychania. Fosfor i siarka spalają się w atmosferze tlenu wśród żywego, oczy rażącego światła; sprężyna stalowa spala się w nim, rozrzucając obficie iskry, żarząca trzaska zapala się w tlenie.

W powietrzu atmosferycznem jest zmieszany z drugim gazem, zwanym azotem. Na 100 litrów powietrza przypada 21 litrów tlenu a 79 litrów azotu. Tlen napotykamy nadto w rozlicznych związkach, jak we wodzie, w bardzo wielu minerałach, tudzież ciałach roślinnych i zwierzęcych.

Fig. 8.



Otrzymujemy go z wody działaniem prądu elektrycznego, albo z chloranu potasowego, zmieszanego z braunsteinem, który ostrożnie ogrzewamy w probierce (fig. 8.). Wydzielający się tlen można zapomocą rureczki szklanéj wprowadzić do flaszki, napełnionéj wodą. Tlen wypiera wodę, a sam gromadzi się we flaszce.

W stanie czystym używają go do osiągnięcia wysokiéj temperatury podczas spalania wodu, (zob. wyżéj §. 14.) lub téż do oświetlania światłem Drumonda.

§. 16. Chlor = Cl = 35,5. Przepuszczając prąd elektryczny przez kwas solny (HCl), rozłożymy ten kwas na dwa składniki, mianowicie na wód i chlor.

Chlor jest gazem zielonawo żółtym, zapachu ostrego, duszącego, jest 2,5 razy cięższy od powietrza atmosferycznego. Oziębiony do 40° C. pod znacznem ciśnieniem skrapla się w płyn. Na powietrzu niezapalny, niektóre ciała jednakże palą się w atmosferze chloru. (Deszcz antymonowy).

Okazuje wielkie powinowactwo do innych pierwiastków, w szczególności do wodu, z tego też powodu działa energicznie na tkanki, roślinne i zwierzęce, przeistaczając je częstokroć zupełnie. Barwiki roślinne (materye barwne, zwilżone wodą) odbarwia, działa bardzo szkodliwie na płuca; zaliczamy go też do ciał trujących.

W przyrodzie pojawia się tylko w związkach z metalami, najobficiéj w soli kuchennéj w połączeniu ze sodem.

§. 17. Brom = Br. = 80 jest jedynym w zwykłéj ciepłocie płynnym metaloidem. Posiada cisawą barwę, zapach nieprzyjemny, jest prawie 3 razy cięższy od wody, wrze w 63° C. a już w zwykłéj temperaturze zamienia się w parę, krzepnie oziębiony do — 22° C.; jest trującym, a ze swoich chemicznych własności podobnym do chloru.

Używają go w laboratoryach chemicznych, a połączony z sodem lub potasem (bromek sodu lub potasu) służy za lekarstwo.

§. 18. Jod = J = 127 jest ciałem stałém, krystalicznem, kruchém, 5 razy cięższém od wody, barwy ciemno szaréj. Posiada zapach podobny do chloru jednak słabszy; topnieje w 107° C. a w temperaturze około 200° C. wrze, wydzielając parę barwy fioletowo niebieskiéj, od któréj otrzymał nazwę (ἰώδης fiołkowy); barwi skórę na żółto; w wodzie trudno rozpuszczalny, natomiast łatwo w wyskoku. Na ustrój zwierzęcy działa trująco.

W przyrodzie pojawia się zawsze tylko w związku z metalami, w wodach mineralnych i niektórych wodorostach.

Używają go w laboratoryach chemicznych, a niektóre jego związki służą jako lekarstwo.

§. 19. Siarka = S = 32 jest ciałem stałém, barwy żółtéj, nie posiada zapachu ani smaku, jest bowiem w wodzie nierozpuszczalną. W temperaturze 111° C. topnieje; płyn z początku jest koloru blado żółtego, przy mocniejszém ogrzaniu ciemnieje, a w 200° C. staje się cisawym i tak gęstym, że z naczynia wylać go nie można; w ciepłocie między 200° — 300° C. staje się napo-

wrót płynnym, nie zmieniając już więcéj barwy, a około 440° C. poczyna wrzeć.

Siarka znajduje się w przyrodzie albo w stanie czystym, albo też w połączeniu z innymi pierwiastkami. Z połączeń z metalami (iskrzyków) oddziela się siarkę za pomocą wytapiania (siarka laseczkowata), albo za pomocą powolnego ochłodzenia płynu stopionego, z którego wydziela się siarka w postaci drobniutkich kryształków (kwiat siarczany).

Służy między innymi za lekarstwo dla bydła.

§. 20. Azot = N = 14 jest gazem bezbarwnym, bez smaku i bez zapachu, nieco lżejszy od powietrza atmosferycznego, nie zapalny ani też palenia nie podtrzymujący. Powinowactwo jego do innych pierwiastków jest tak słabe, iż bezpośrednio może się łączyć tylko z niewielu ciałami.

Znajduje się w stanie wolnym w powietrzu atmosferycznem, a w połączeniu z innymi pierwiastkami w niektórych minerałach, tudzież w ciałach roślinnych i zwierzęcych. Jako pierwiastka używają go tylko w laboratoryach chemicznych.

§. 21. Fosfor = P = 31 jest ciałem stałém, znaném w dwóch odmianach.

a) Zwykły fosfor jest biały lub blado-żółty, prawie 2 razy cięższy od wody, topnieje w 44° C. Ogrzany na powietrzu cokolwiek ponad 44° C. zapala się, tożsamo ogrzany przez potarcie. W ciepłocie 290° C. wrze (w atmosferze beztlenowéj) i może być wtedy przekroplony. W wodzie jest nierozpuszczalny, natomiast rozpuszcza się w eterze, chloroformie, dwusiarczku węgla i t. p.; jest trucizną.

b) Fosfor czerwony różni się od poprzedniego niemal we wszystkich własnościach: nie jest topliwy, nie zapala się przez tarcie, a ogrzewany zapala się dopiero powyżéj 260° C.; nie rozpuszcza się w żadnym rozczynniku, nie posiada też własności trujących. Gdyby nie ta okoliczność, że jednę odmianę z łatwością w drugą przemienić można przez proste ogrzanie do odpowiedniéj temperatury, jako też, że z obu odmian tworzą się tesame związki, możnaby uważać te dwie odmiany za dwa różne pierwiastki.

W przyrodzie nie znajduje się fosfor w stanie wolnym, lecz tylko w połączeniach, tak np. zawiera go każda ziemia orna, zawdzięczając mu swą urodzajność. Bez obecności w ziemi tych połączeń fosforu, zwanych fosforanami, nie mogłyby istnieć rośliny, dla których one są niezbędnym pokarmem. Z roślin przechodzą fosforany w organizmy zwierząt, a tu gromadzą się głównie w kościach. Wypalone kości służą też do otrzymywania fosforu.

Z fosforu robi się użytek przy fabrykacyi zapałek i do wytwarzania związków fosforowych, służących częstokroć za lekarstwo.

§. 22. **Arsen** = As = 75 jest ciałem stałém, kruchém, z połysku do stali podobném. W przyrodzie pojawia się tylko w związkach z metalami lub z siarką, rzadko zaś z tlenem i metalami.

Bywa używanym jako przymieszka do ołowiu przy fabrykacyi śrutu.

§. 23. **Antymon** = Sb = 122 jest ciałem stałém, kruchém, barwy szaréj, o silnym połysku metalicznym, niemal 7 razy cięższy od wody, topnieje w 425° C.

W przyrodzie pojawia się rzadko w stanie rodzimym, najczęściéj w związku ze siarką, w tak zwanym błyszczu antymonowym.

Używają go do wyrabiania aliażów. Aliaż antymonu z ołowiem, zwany także metalem czcionkowym, służy do odlewania czcionek drukarskich. Metal brytański, używany do wyrabiania naczyń stołowych, jest aliażem antymonu z cyną.

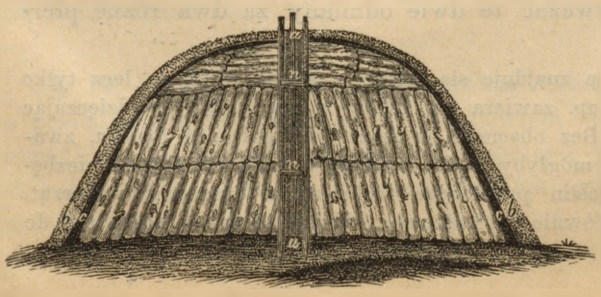
§. 24. **Krzem** = Si = 28 jest ciałem stałém, barwy szaréj, znany w dwóch odmianach: bezpostaciowéj i krystalicznéj. Jako pierwiastek nie ma zastosowania w życiu praktycznem, zasługuje wszakże na uwagę z tego względu, że połączony z innymi pierwiastkami znajduje się w rozlicznych minerałach, a nawet w roślinach i zwierzętach.

§. 25. **Węgiel** = C = 12 jest ciałem stałém, bez smaku i woni, nierozpuszczalném w żadnym zwykłym płynie, nie topliwém, ani téż nie dającém się w parę zamienić. Tylko niektóre stopione metale, jak n. p. żelazo, rozpuszczają go w bardzo małéj ilości.

Węgiel znamy w trzech odmianach, jako czarny bezpostaciowy proszek, jako grafit i jako dyament (węgiel skrystalizowany).

Węgiel bezpostaciowy otrzymujemy z ciał organicznych przez ogrzanie do temperatury żaru i bez przystępu powietrza atmosferycznego.

Fig. 9.



Węgiel drzewny otrzymujemy zapomocą zwęglenia drzewa w sposób, przedstawiony rysunkiem Fig. 9. Stosy drzewa układamy warstwami jedne ponad drugie, zostawiając w samym środku stosu miejsca wolne

aa, wypełnione wiorami lub trzaskami, wreszcie przykrywamy cały stos darniną *bab*. Drzewo zwęgla się powolnie, nie będąc w zetknięciu z powietrzem atmosferycznem. Węgiel zwierzęcy otrzymujemy zapomocą prażenia materyi zwierzęcych (kości, krwi i t. d.) w żelaznych retortach.

Zwęglone nieco drzewo opiera się butwieniu, dla tego zwęglają końce słupów, które mają być osadzone w ziemi, dla tego zwęglają nieco wewnętrzną powierzchnię beczek, w których woda ma być przez dłuższy czas przechowywana.

Węgiel drzewny i zwierzęcy mają inną jeszcze bardzo pożyteczną własność, mianowicie zmienia a raczéj odbarwia płyny zabarwione, a zagęszczając gazy, odbiera ciałom cuchnącym ich woń nieprzyjemną.

Wstrząsając wino czerwone lub atrament czerwony ze sproszkowanym węglem drzewnym lub zwierzęcym, odbarwimy obie ciecze. Cuchnąca woda, przepuszczona przez warstwę świeżego węgla drzewnego, pozbywa się swéj woni nieprzyjemnéj. Za pomocą przesączania wody przez węgiel, czyli za pomocą filtrowania wody zepsutéj, można ją do użytku domowego przysposobić.

Mięso, posypane proszkiem węgla drzewnego, można w lecie przez kilka dni w dobrym stanie przechować. Zboże stęchłe pozbawiamy woni niemiłéj przez wymieszanie ze sproszkowanym węglem drzewnym. Syrup cukrowy koloru żółtawego odbarwiamy za pomocą węgla zwierzęcego, pozbawiając go równocześnie nieprzyjemnéj woni. Rafinowanie cukru.

Ciała organiczne zamieniają się na węgiel nietylko wskutek rozkładu, spowodowanego żarem, ale i przy zwykłéj temperaturze, tylko bardzo powolnie. W ten sposób tłómaczymy powstawanie torfu i węgla kamiennego, które nie są niczém innem, jak tylko węglowymi resztkami zaginionego świata roślinnego. Im dłużéj trwało to zwęglanie powolne, tém bogatsze są pokłady węgla, tém czystszy jest węgiel w tych pokładach.

Grafit posiada barwę ciemno szarą, połysk metaliczny jest miękki i smolący. Używają go jako materyału ogniotrwałego do sporządzania tyglów dla topienia metalów i na ołówki.

Dyament napotykamy w przyrodzie jako kryształy, należące do układu równoosiowego, bezbarwne lub różnie zabarwione c. g. 3,5. Jest on najtwardszém ciałem, posiada silny połysk, dla téj własności używają go do biżuteryi tudzież z powodu twardości do krajania szkła i rysowania na szkle.

Połączenia metaloidów.

§. 26. Podział związków w ogóle. Tlen okazuje wielkie powinowactwo do wszystkich prawie metaloidów, nie łączy się tylko z jednym fluorem. Podczas łączenia się ciał z tlenem podnosi się w regule temperatura związku. Dla tego wszelkie łączenie się ciał z tlenem nazywamy paleniem.

I. Jeżeli spalenie odbywa się zwolna, to powstające przytém ciepło udziela się otaczającym ciałom i rozprasza się do tego stopnia, że utworzony związek nie może się rozegrzać do temperatury żaru. Tak łączy się żelazo pod wpływem wilgoci z tlenem powietrza atmosferycznego.

Takiem powolném paleniem jest oddychanie, podczas którego utleniają się niektóre składniki krwi.

II. Jeżeli utlenianie odbywa się raźnie, natenczas ciała wydają podczas palenia albo płomień albo też tylko światło. — Płomieniem mogą się palić tylko takie ciała, które albo już w zwykłéj temperaturze są gazami, albo też przez ogrzanie zamieniają się w parę. Ciała stałe i płyny rozżarzają się podczas gwałtownego utleniania do tego stopnia i poczynają świecić.

III. Połączenia pierwiastków z tlenem nazywamy tlenkami. Tlenki te mogą posiadać stosownie do pierwiastka, z tlenem połączonego, różne własności, w skutek czego też różne otrzymują nazwy.

a) W celu bliższego zbadania tlenków, wykonajmy następujące doświadczenie: Do flaszki napełnionéj tlenem wsuńmy łyżkę z zapalonym kawałkiem fosforu. Fosfor spala się w tlenie śród światła, olśniewającego oczy. Wytworzone połączenie fosforu przedstawia się jako dym biały, zagęszczający się w płateczki do śniegu podobne. Płateczki te rozpuszczają się w wodzie, zawartéj w małéj ilości na dnie flaszki. Woda ta ma teraz smak kwaśny a papierkowi, zabarwionemu lakmusem na niebiesko, nadaje barwę czerwoną. — Dym biały nazywamy bezwodnikiem fosforowym albo bezwodnikiem kwasu fosforowego (P_2O_5) a sam płyn wodnistym kwasem fosforowym (PH_3O_4).

Tak jak fosfor tworzą i inne metaloidy zazwyczaj tlenki, zamieniające się w styczności z wodą w ciała, które, jeżeli są w wodzie rozpuszczalne, posiadają smak kwaśny i zamieniają barwik lakmusowy niebieski w czerwony. Tlenki takie zowiemy tlenkami kwasowymi czyli bezwodnikami kwasowymi.

Tlenki kwasowe czyli bezwodniki kwasowe, łącząc się z wodą, tworzą kwasy. Kwasy są zatém połączenia metaloidu z wodem i tlenem. Jeśli kwasy są rozpuszczalne w wodzie, natenczas posiadają smak kwaśny i zmieniają barwiki roślinne niebieskie na czerwone.

b) Sód spalam w łyżeczce żelaznéj; pozostałe ciało jest tlenkiem sodu, który wrzucony do wody, łączy się z nią tworząc

wodnik sodowy, w wodzie łatwo się rozpuszczający. Wodnik sodowy jest zasadą, smaku ługowatego, gryzącego, która nadto przywraca zmienionemu działaniem kwasu barwikowi czerwonemu pierwotną niebieską barwę.

Metale tworzą zatém w połączeniu z tlenem zazwyczaj tlenki zasadowe, które działaniem wody zamieniają się na zasady, t. j. ciała, złożone z metalu, tlenu i wodu. Zasady, jeśli są rozpuszczalne w wodzie, posiadają smak ługowaty i przywracają niebieską barwę barwikom roślinnym, zaczerwienionym pod dzianiem kwasów; zielenią niektóre barwiki roślinne, np. barwik fiołkowy, a cisawią barwik kurkumowy.

c) Zasady zamieniają się w skutek działania kwasów w sole.

§. 27. Opis niektórych połączeń metaloidów. Z połączeń zasługują następujące na wyszczególnienie:

1. Woda $= H_2O$ jest płynem bez zapachu i smaku, w cienkich warstwach bezbarwnym; w grubych warstwach okazuje barwę błękitną, w 0° C. krzepnie, a w 100° C. wrze.

Woda rozpuszcza wiele ciał, mianowicie sole, pochłania także gazy: z tego też powodu nie napotykamy w przyrodzie nigdy wody chemicznie czystéj. Stosunkowo najczystszą jest woda deszczowa. Wody źródlane zawdzięczają swój smak orzeźwiający rozpuszczonym w nich związkom (w szczególności dwuwęglanowi wapniowemu i bezwodnikowi węglowemu).

Wodę, zawierającą bardzo mało ciał stałych rozpuszczonych, zowiemy wodą miękką; wodę, zasobną we większe ilości roztworzonych soli, zowiemy twardą.

Wody miękkiéj używają do prania, gotowania, w farbiarniach, browarach, garbarniach i t. d.

Woda, zawierająca w sobie części roślin, nie jest zdrową do picia. Taka woda, trzymana w karafce kilkanaście godzin, przybiera przykry smak i niemiły zapach; można ją uwolnić od tego za pomocą filtru, t. j. za pomocą przepuszczenia jéj przez węgiel drzewny pokruszony.

Woda morska zawiera w sobie znaczną ilość soli, nie jest do picia, sprawia bowiem nudność i wymioty.

Wody, zawierające w rozczynie sole łatwo rozpuszczalne i nierozkładające się przy ogrzaniu, zowiemy wodami mineralnymi.

2. Azot z wodem tworzy amoniak $= NH_3$. Jest to gaz bezbarwny, niemal 2 razy lżejszy od powietrza atmosferycznego, zapachu ostrego, do łez pobudzającego. Posiada smak ługowaty; jest niezapalny ani palenia nie podtrzymuje, woda pochłania go chciwie (1 litr wody pochłania 1000 litrów amoniaku), przyczém powstaje płyn, lżejszy od wody, smaku ostrego gryzącego, zwany w handlu płynnym (wodnistym) amoniakiem.

Służy do oczyszczania tkanin wełnianych z tłuszczu, usuwa plamy na suknie, spowodowane popaleniem. Jest środkiem leczniczym, jako antidotum przeciw zatruciu przy ukąszeniu gadziny, przy zakłuciu żądłem pszczoły lub komarów.

Azot z tlenem i wodem tworzy kwas azotowy = HNO_3. Jest to płyn bezbarwny, dymiący, mocno kwaśny i gryzący, c. g. 1,5, wrze w 86° C. Zabarwia na żółto skórę, wełnę i jedwab. Rozpuszcza w sobie wiele metalów, prócz złota i platyny, służy dla tego do oddzielenia tych metalów od innych metalicznych przymieszek, które się w HNO_3 rozpuszczają.

3. Siarka z tlenem tworzy bezwodnik siarkawy = SO_2, gaz bezbarwny, zapachu ostrego, duszącego; w wodzie rozpuszczony wytwarza płyn smaku kwaśnego. Powstaje przy spaleniu siarki na powietrzu.

Używają go przy bieleniu wełny i jedwabiu, słomy i pierza, tudzież do wywabiania plam owocowych z bielizny, przy wykadzaniu beczek, przeznaczonych do przechowywania wina, w największéj ilości zaś do wyrabiania kwasu siarkowego.

Róża, trzymana nad dymami spalonéj siarki, bieleje, a zanurzona następnie do wodnistego amoniaku, odzyskuje pierwotną barwę. Dlaczego?

Kwas siarkowy = H_2SO_4 jest płyn bezbarwny, oleisty, c. g. 1,85; posiada smak mocno kwaśny, z wodą miesza się w każdym stosunku, ogrzewając się przytém mocno, wrze w 338° C, przy czém jednak rozkłada się częściowo na bezwodnik siarkowy *(SO_3)* i wodę *(H_2O)*. Jest trującym, niszczy (spala) bowiem tkanki zwierzęce.

Rozpuszcza metale prócz złota i platyny, używają go dla tego do czyszczenia naczyń metalowych.

Siarka z wodem tworzy siarczek dwuwodu = H_2S, zwany także siarkowodem. Jest to gaz bezbarwny, zapachu zgniłych jaj, zapalny na powietrzu. Czerni srebro, z tego powodu bywa używany jako odczynnik chemiczny, t. j. służy do wykrycia srebra w danym roztworze. Jest mocno trujący.

Powstaje podczas gnicia ciał zwierzęcych (zgniłe jaja; — wypadki śmierci podczas czyszczenia wychodków i kanałów).

4. Krzem z tlenem tworzy bezwodnik krzemowy = SiO_2. Połączenie to w przyrodzie napotykamy w obfitości jako bezpostaciową krzemionkę (w postaci achatu, jaspisu), a w stanie skrystalizowanym w różnych odmianach kwarcu.

Krzemionkę (w postaci kwasu krzemowego) napotykamy we wodzie, skąd ją przyswajają sobie rośliny i zwierzęta. Trawy, zdźbła zbóż zawierają w sobie krzemionkę, która podnosi trwałość włókien.

Podobnie niezbędnym jest dla buraków tlenek potasu, dla strączkowców i tytoniu wapno.

Piasek, który jest mniéjwięcéj zanieczyszczonym bezwodnikiem krzemowym, służy do fabrykacyi szkła, a prócz tego bywa używany w wielkich ilościach w murarstwie.

Jeśli rozżarzymy nad węglem zapomocą dmuchawki znaczną ilość wodnika potasowego lub sodowego z małą ilością piasku, to utworzy się z tego masa szklista, w wodzie rozpuszczalna. Jestto krzeman potasowy albo sodowy, znany w handlu pod nazwą szkła wodnego.

Roztwór szkła wodnego chroni tkanki organiczne przed ogniem, służy do klejenia szkła, porcelany. Ochraniają nim drzewo przed gniciem i butwieniem. Utrwalają stare freski, powlekając je roztworem szkła wodnego.

Szkło zwykłe jestto stopiona mieszanina kwasu krzemowego (kwarcu, piasku) z wodnikiem sodowym lub potasowym (potaż, soda, sól glauberska, popiół) i z tlenkiem wapniu lub tlenkiem ołowiu (Pb_3O_4) (minia).

Zabarwienie, spowodowane przypadkową obecnością żelaza, odbarwia braunsztein, kwas arsenawy i saletra; masę tę robi się ciągłą, płynną, zapomocą dorzucanych okruchów szklanych.

Wszystkie dotąd wyliczone części w stanie dokładnie sproszkowanym wkłada się w glinianych tyglach do pieca hutniczego. Gromadzące się szumowiny na powierzchni masy stopionéj zbierają chochlami żelaznymi. Następnie chłodzą powolnie piec, aż dopóki rzadko płynna masa nie stężeje. Taką podgęszczoną masę przerabiają od ręki zapomocą dmuchawek, na flaszki, balony, albo zapomocą walcowania lub wylewania — na tafle. Często uskuteczniają szklane odlewy w formach. Przyrządzone wyroby szklane chłodzą następnie bardzo powolnie. Nagle ochłodzona masa płynna staje się bardzo kruchą i twardą. Łzy bolońskie, flaszki batawskie.

Szkło, przerabiane na tafle do okien, na zwierciadła i rozmaite naczynia, zawiera w sobie prócz kw. krzemowego i tlenku wapniu, także tlenek potasu (szkło potasowe, kronglas). Szkło butelkowe zawiera nadto jeszcze tlenek żelaza.

Szkło, służące do ozdób (z wielkim połyskiem) i do niektórych narzędzi optycznych, zawiera w sobie kwas krzemowy, tlenek potasu i tlenek ołowiu.

Szkło, zwane stras, zawierające wielką ilość tlenku ołowiu, przerabiają na imitacye drogich kamieni. Emalia i szmelc są nieprzezroczyste z powodu domieszki tlenku cyny. Szkło mleczne jest tylko na pół przezroczyste z powodu domieszanego popiołu ze spalonych kości. Zabarwienie szkła uzyskują zapomocą domieszek stosownych tlenków metali.

5. Arsen tworzy z tlenem kilka związków, z których bezwodnik arsenowy As_2O_3, zwany arszenikiem białym, zasługuje na wzmiankę, gdyż jest silną trucizną.

Arszeniku używają jako trucizny na szczury, przeciw grzybowi niszczącemu drzewne części pomieszkań; wyrabiają z niego piękny, lecz bardzo zdrowiu szkodliwy barwik zielony, zwany zielenią szweinfurcką.

6. Chlor tworzy z wodem kwas solny HCl, zwany także chlorkiem wodu. Jest to gaz bezbarwny c. g. 1,26,

zapachu ostrego, duszącego. Posiada smak kwaśny, na powietrzu wilgotném tworzy dymki, nie jest zapalnym ani też nie podtrzymuje palenia. Pod wielkiem ciśnieniem (25 ctm.) w temperaturze — 4° C. skrapla się w płyn bezbarwny, ruchliwy.

Woda pochłania go w znacznéj ilości, tworząc kwas solny wodnisty.

Mieszanina z 3 części kwasu solnego i 1 części kw. azotowego zowie się wodą królewską, w niéj rozpuszczają się złoto i platyna.

Kwas solny wyrabiają jako wytwór uboczny podczas fabrykacyi sody, dlatego w stanie surowym jest najtańszy ze wszystkich kwasów.

7. Węgiel z wodem tworzy wiele związków, z których dwa są dla nas ważne:

a) Węglek czterowodu CH_4, zwany gazem bagiennym albo błotnym, który powstaje przy rozkładzie ciał, zawierających węgiel i wód. Sztucznie można go otrzymać za pomocą suchéj destylacyi drzewa, węgla kamiennego i t. d. — Pali się płomieniem żółtawym, słabo świecącym, a zmieszany z powietrzem atmosferycznem, wybucha gwałtownie, (niebezpieczeństwo w kopalniach, lampka Davyego).

b) Elail C_2H_4, zwany także węglekiem wodu ciężkim albo gazem olejorodnym, jest gazem bezbarwnym, c. g. 0,978, posiadającym słaby dość przyjemny zapach; pali się płomieniem białym, kopcącym.

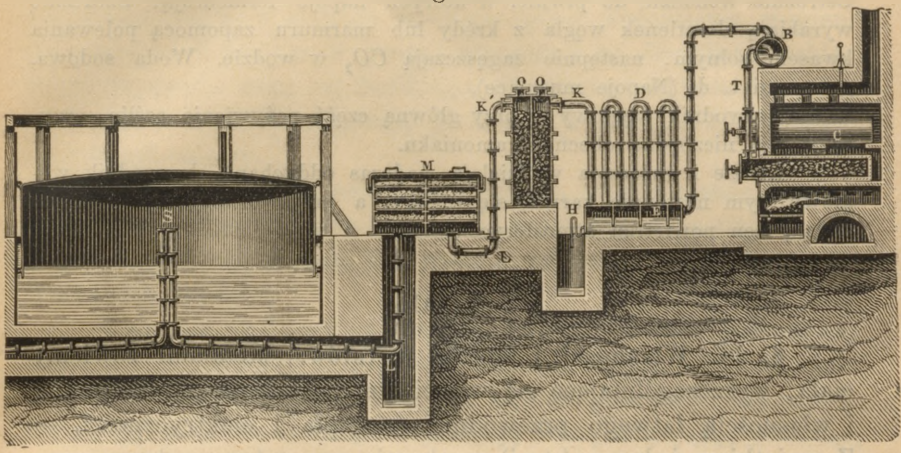
Gaz ten tworzy się przy suchéj destylacyi węgla kamiennego, torfu, drzewa, żywic, tłuszczów i wielu innych ciał organicznych.

Mieszanina obu powyższych węglików wodu i wodoru zowie się gazem świetlnym; używają go dziś powszechnie do oświetlania ulic i pomieszkań.

W wielkich żelaznych lub glinianych rurach, szczelnie zamkniętych, Fig. 10., prażymy drzewo lub węgiel kamienny. Podczas tego prażenia wywiązuje się mieszanina gazów (gaz świetlny), zanieczyszczona mazią, bezwodnikiem węglowym, siarkowodorem i amoniakiem. Gaz świetlny oczyszczamy od tych domieszek, wprowadzając go rurą *T* do zbiornika *B*, do połowy wodą napełnionego, skąd rurą płynie gaz przez chłodnik *D* do komory opłukującéj *OO*. Ostateczne oczyszczenie gazu świetlnego odbywa się w komorze *M*, z któréj płynie gaz do gazozbioru, a stąd rurami do lamp gazowych. Z wody, opłukującéj gaz świetlny, wyrabiają amoniak — z mazi, po węglu kamiennym, benzynę, przydatną do wyrabiania świetnych barw anilinowych i kwasu karbolowego, znanego jako środka desinfekcyjnego; benzyną oczyszczają plamy tłuste na suknie. Z mazi, uzyskanéj podczas destylacyi suchéj węgla brunatnego, wyrabiają fotogen, parafinę i smarowidło maszynowe. Z mazi po drzewie (bukowém), uzyskują kreozot, działający przeciw zgniliźnie, podobnie jak kwas karbolowy. Ponieważ kreozot zawarty jest w dymie, przeto wędzenie

mięsa zabezpiecza je przed psuciem. Ocet drzewny, zawierający także kreozot, służy dziś do tak zwanego pospiesznego wędzenia mięsiw.

Fig. 10.



8. Węgiel z tlenem wchodzi w dwa związki: *a)* Tlenek węgla = *CO* gaz bezbarwny, bez woni i smaku, trujący. Tworzy się przy niedokładném spaleniu węgla, t. j. wtedy, gdy podczas spalenia powietrze atmosferyczne nie ma przystępu dostatecznego. Znany jest także pod nazwą czadu i często bywa powodem śmierci ludzi; zamykając bowiem przedwcześnie komin, pozwalamy mu napływać z pieców w mieszkania, w których zatruwa powietrze atmosferyczne.

Jak długo błądzą płomyki niebieskie po węglach, wstrzymać się z zamykaniem komina!

Ostrożnie postępować z żelazkiem do prasowania, ogrzewaném rozżarzonymi węglami, gdyż łatwo się zaczadzić!

b) Dwutlenek węgla = CO_2, zwany także bezwodnikiem kwasu węglowego, jest gazem bezbarwnym, słabego zapachu i smaku kwaskowatego, niezapalnym ani nie podtrzymującym palenia. Dwa razy cięższy od powietrza atmosferycznego, dla tego można dwutlenek węgla przelać z jednego naczynia w drugie.

Za pomocą wielkiego ciśnienia lub oziębienia można go skroplić w płyn ruchliwy — który, przy jeszcze większém oziębieniu, ścina się na masę do śniegu podobną. Nie jest trującym; atoli dłuższe oddychanie atmosferą, zawierającą ten gaz w większéj ilości, działa szkodliwie na zdrowie, a że związek ten tworzy się takze przy oddychaniu, przeto też miejsca, w których większa ilość ludzi przebywa (jak n. p. sale szkolne), winny być często odświeżane.

Zagęszczony dwutlenek węgla w wodzie nadaje jéj smak orzeźwiający. W przyrodzie wydobywa się CO_2 z ziemi, w studniach, piwnicach, grotach (pod Neapolem), wytwarza się podczas fermentowania piwa i wina. Ostrożnie wchodzić do piwnic, w których napoje fermentują! Sztucznie wyrabiają dwutlenek węgla z kredy lub marmuru zapomocą polewania kwasem solnym, następnie zagęszczają CO_2 w wodzie. Woda sodowa, gazowa i t. d. (Napoje musujące).

Bezwodnik węglowy tworzy główną część pożywienia roślin, przyczém jest niezbędną obecność amoniaku.

Ludzie i zwierzęta wydzielają podczas oddychania bezwodnik węglowy, tym następnie karmią się rośliny, a przyswoiwszy sobie węgiel, oddają tlen powietrzu atmosferycznemu.

Metale.

§. 28. Własności i podział metalów. Metalami zowiemy ciała, wyszczególniające się właściwym połyskiem (metalicznym) i własnością łatwego przewodnictwa ciepła i elektryczności. — Z wyjątkiem jednego (rtęci) występują one w temperaturze zwykłéj w stanie stałym. Z wodem nie łączą się, a związki ich z tlenem są przeważnie tlenkami zasadowymi, gdyż w zetknięciu z wodem tworzą właściwe zasady.

Dzielimy je na metale lekkie i na metale ciężkie. Pierwsze dzielimy prócz tego na trzy gromady: 1) potasowce czyli metale alkaliów, 2) wapniowce czyli metale ziem alkalicznych, 3) glinowce czyli metale ziem. Metale ciężkie, których c. g. jest większy niż 5, dzielimy na metale pospolite i szlachetne.

§. 29. Potasowce mają barwę białą, srebrzystą, wyszczególniają się bardzo wielkiém powinowactwem do tlenu, z tego téż powodu można je przechowywać tylko w atmosferze beztlenowéj albo w oleju skalnym.

Kawałek potasu lub sodu, wrzucony do probierki, napełnionéj wodą a przewróconéj dnem do góry w wanience pneumamatycznéj, łączy się chciwie z tlenem wody, przyczém wodór uwolniony gromadzi się u góry w probierce.

Najważniejsze potasowce są potas i sód.

Potas $= K = 39$ ciało miękkie jak wosk tworzy z tlenem dwa związki: tlenek dwu potasu $= K_2O$, tworzący z wodem zasadę wodnik potasowy KHO, zwany potażem żrącym. Drugi związek jest dwutlenek potasowy KO_2.

Zasady tworzą jak wiadomo z kwasami sole. Znamy kilka soli potasowych, ważnych w życiu praktycznem. Siarkan po-

tasowy K_2SO_4 obficie napotykamy w przyrodzie, azotan potasowy $= KNO_3$ czyli zwykła saletra, używana do fabrykacyi prochu i kwasu azotowego, krzeman potasowy, wchodzący w skład wielu minerałów, z których powstaje przez zwietrzenie węglan potasowy $= K_2CO_3$ czyli potaż, użyteczny do fabrykacyi szkła, do sporządzania ługu mydlarskiego, do prania i blichowania, jako środek lecznicy. Używają go także w farbiarstwie i przy fabrykacyi saletry.

Sód $= Na = 23$, podobny do potasu, tworzy zasadę, zwaną wodnikiem sodowym, albo ługiem sodowym $NaOH$, a używanym w podobnych wypadkach, jak wodnik potasowy, szczególniéj do fabrykacyi mydeł.

Węglan sodowy $= Na_2CO_3$, znany w handlu pod nazwą sody, a otrzymywany z popiołów roślin wodnych — bywa używany w wypadkach podobnych, jak węglan potasowy. Zapomocą dwuwęglanu sodowego wyrabiają wodę musującą, sodową.

Siarkanu sodowego albo soli glauberskiéj Na_2SO_4 używają w medycynie i przy fabrykacyi szkła.

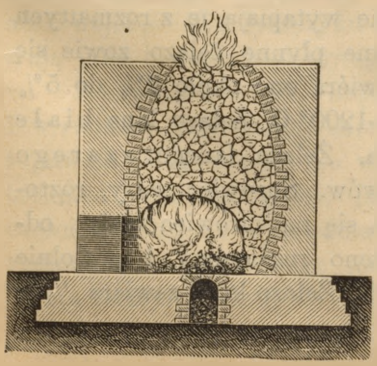
Potas i sód tworzą z chlorem: chlorek potasu K_2Cl i chlorek sodu Na_2Cl. Pierwszy w przyrodzie bardzo rozpowszechniony — w ziemi ornéj, w wodach źródlanych i mineralnych a czasami obficie w pokładach (Kałusz) — służy jako ważny pokarm dla roślin.

Chlorek sodu czyli sól kuchenna znana jako ważna przyprawa potraw dla zwierząt i ludzi.

Przytoczyć z mineralogii sposoby wyrabiania soli kuchennéj i miejsca, w których pojawia się w stanie rodzinnym.

§. 30. Wapniowce. Z gromady wapniowców najważniejszym dla nas jest wapń $= Ca$, ciało barwy jasno żółtéj, łatwo łączące się z tlenem. Jego sole są bardzo w przyrodzie rozpowszechnione, a mianowicie węglan wapniowy $CaCO_3$ napotykamy jako szpat wapienny, marmur lub zwykły wapień; z tego ostatniego otrzymujemy zapomocą ogrzania do ciepłoty białego żaru w piecu fig. 11. tlenek wapniowy CaO, znany pod nazwą wapna palonego. Tlenek wapniowy, zetknięty z wodą zamienia się w wodnik wapniowy, a tego używają pod

Fig. 11.



nazwą wapna gaszonego, albo lasowanego do bielenia, a mieszaniny jego z piaskiem do spajania cegieł.

Siarkan wapniowy $CaSO_4$, zawierający wodę krystaliczną, znajduje się w wielkich ilościach w przyrodzie, jako alabaster lub zwykły gips; sproszkowany po wypaleniu i z wodą na gęstwę urobiony, krzepnie po krótkim czasie, łącząc się napowrót z wodą, przydatny dlatego do sporządzania odlewów gipsowych.

Do wapniowców zaliczamy magn = *Mg*, którego sole w wodzie rozpuszczalne, np. siarkan magnowy $(MgSO_4)$, posiadają smak słono gorżki. Sole te znajdują się w wodach mineralnych gorżkich.

§. 31. Z glinowców ważnym jest glin = *Al*, ciało srebrzysto białe, bardzo lekkie, nie utleniające się ani w wodzie ani na powietrzu. W przyrodzie napotykamy go tylko w związkach, mianowicie jako krzeman glinowy z wodnikiem glinowym w glinie porcelanowéj, jako tlenek glinowy w postacie korundu, rubinu lub safiru i w wielu innych połączeniach.

Najużyteczniejszym jest krzeman glinowy, który mniéj lub więcéj zanieczyszczony w różnych gatunkach gliny występuje i bywa używany do wyrabiania porcelany, fajansu, ordynarnych naczyń glinianych, tudzież cegieł zwykłych i ogniotrwałych.

§. 32. Metale ciężkie posiadają ciężar gat. wyżéj 5, powinowactwo ich do tlenu jest różne. Metale pospolite w zwykłéj temperaturze bezpośrednio z tlenem wcale się nie łączą, albo tylko powoli, w wyższéj ciepłocie natomiast łatwo się utleniają. Tu należą między innymi:

Żelazo = *Fe* w stanie rodzimym napotykamy prawie wyłącznie tylko w meteorytach; fabrycznie wytapiają je z rozmaitych rud żelaznych. Z pieców wydobywane płynne żelazo zowie się surowcem, albo żelazem lanem. Zawiéra ono około 2% do 5% węgla i topnieje w temperat. 1000—1200° C. Żelazo lane białe przerabiają na stal i żelazo do kucia. Żelaza lanego szarego używają tylko do sporządzania odlewów. Surowiec szary, roztopiony i nagle ostudzony, przemienia się na surowiec biały; odwrotnie surowiec płynny biały, mocno rozżarzony i powolnie chłodzony, staje się surowcem szarym. Żelazo kute zawiéra ½% węgla, stal nieco więcéj (2%).

Miedź = *Cu* napotykamy w przyrodzie w stanie rodzimym, uzyskujemy jednak najczęściéj z rud miedziowych. Miedź topnieje w temp. 1000° C., jest w wysokim stopniu klepalną, do odlewów nieprzydatna.

W zastosowaniu jest miedź bardzo pożytecznym metalem: z niéj wyrabiają naczynia kuchenne, kotły gorzelniane, blachą z miedzi pokrywają dachy, służy do sporządzania odcisków galwanoplastycznych. Aliaż z miedzi i cynku zowie się mosiądzem, lub tombakiem; miedź i cyna tworzą aliaż, przydatny do odlewania armat. Złoto talmi jest aliażem miedzi, cynku i cyny; nowe srebro aliażem miedzi, cynku i niklu. Siarkanu miedzi $CuSO_4$ używają jako lekarstwa i w farbierstwie.

Cynę = *Sn* wytapiają z rud; jestto metal biały, łatwo topniejący (230° C.), nie zmienia przez dłuższy czas swéj połyskującéj powierzchni; można ją wałkować na bardzo cienkie listki (cynfolia, staniol). Z cyny wyrabiają niektóre naczynia kuchenne, nią bielą naczynia kuchenne żelazne i miedziane.

Cynk = *Zn* wytapiają z rud, zwanych blendą cynkową i galmanem; posiada on barwę niebiesko białą, jest ciałem kruchém, dającém się atoli w temperat. 150° C. wywałkowywać na cienkie, trwałe blachy, które przerabiają na naczynia kuchenne. Blachą cynkową pokrywają dziś powszechnie dachy. Siarkanu cynku ($ZnSO_4$) używają jako lekarstwa i we farbierstwie.

Ołów = *Pb*, ciało miękkie, barwiące, koloru szarego, uzyskują z rud ołowiowych. W ołowiu osadzają i spajają ze sobą rury żelazne, z ołowiu leją kule, śrót. Tlenku ołowiu używają przy sporządzaniu glazury na szkło i na wyroby garncarskie. Octan ołowiu (połączenie kwasu octowego z ołowiem), gwałtowna trucizna, bywa używaną w farbierstwie.

Bismut = *Bi*, ciało koloru blado czerwonego, krystaliczne, łatwo topliwe, napotykamy w stanie rodzimym; wytapiają go atoli najczęściéj z łyszczyku bismutowego. Tlenku bismutu używają jako bielidła toaletowego.

Antymon = *Sb*, napotykany często w stanie rodzimym i w rudach, jest ciałem barwy cynowo białéj, kruchém i łatwo topliwém. Używają go do wytwarzania światła białego w pyrotechnice (sztuczne ognie), jako aliażu (z 1 części antymonu i 4 części ołowiu), do wylewania czcionek drukarskich. Aliażu z antymonu i cyny, zwanego metalem brytania, używają do wyrabiania naczyń stołowych.

Rtęć = *Hg* napotykamy w stanie rodzimym i w połączeniu ze siarką (cynober) w Idryi, w Almaden (Hiszpanii) i t. d. Jestto ciało barwy białéj, płynne w zwykłéj temperaturze (od 39° C. do 350° C.). Pary, wydzielające się z rtęci już w zwykłéj temperaturze, szkodzą w wysokim stopniu organizmowi ludzkiemu. Rtęć tworzy z metalami aliaże, zwane amalgamami. Amalgam cynowy służy do obłożenia zwierciadeł, amalgam złota i srebra — do pozłacania i posrebrzania w ogniu. Amalgam Kienmajerowski do powlekania pocieradeł elektrycznych. Litéj rtęci używają do napełniania ciepłomierzów i barometrów, nadto w lecznictwie. Cynobru używają do farb malarskich i do zabarwiania laku. Tanie laki farbują mączką z cegły, minią lub tlenkiem żelaza.

Srebro = *Ag*, metal bardzo podatny barwy białéj, lśniącéj, topi się w 1000° C. Przerabiają je na monety, na naczynia stołowe i sprzęty ozdobne, z domieszką miedzi, by się nie ścierało łatwo. Srebro rozpuszcza się w kwasie azotowym, zamieniwszy się na azotan srebra, używany w lecznictwie do wygryzania ran i do sporządzania atramentu, którym znaczą bieliznę. Chlorek srebra i jodek srebra rozkładają się na świetle, tworząc czarny proszek, bywają używane dla téj własności we fotografii.

Złoto = *Au*, metal napotykany tylko w stanie rodzimym, bardzo podatny, barwy złoto żółtéj, mocno połyskującéj. Złota używają do tych samych celów jak srebra, z domieszką miedzi, aby je uczynić twardszém i bardziéj trwałém. Rozpuszcza się w wodzie królewskiéj. Chlorku złota używają do galwanicznego pozłacania i we fotografii.

Platyna = *Pt*, metal napotykany tylko w stanie rodzimym, koloru cynowo białego, bardzo podatny. Topi się w 1.700° C., a rozpuszcza we wodzie królewskiéj. Używają jéj do wyrobów ozdobnych, na narzędzia fizyczne, jak zwierciadła sferyczne, tygle i t. d.

Związki organiczne.

§. 33. Cechy związków organicznych. W świecie organicznym, w ustroju roślin i zwierząt, znajduje się wiele ciał, złożonych z małéj stosunkowo liczby pierwiastków, gdyż tylko z węgla, wodu, tlenu i azotu, czasem jeszcze z siarki i fosforu. Związki takie zowiemy organicznymi.

Główną cechą tych związków jest: iż w wysokiéj temperaturze ulegają rozkładowi, wydzielając węgiel, a jeżeli równo-

cześnie powietrze atmosferyczne ma przystęp, tedy następuje zupełne spalenie.

Jeżeli związek organiczny złożonym był tylko z węgla i wodu, lub z węgla, wodu i tlenu, tedy jedynym produktem spalenia jest bezwodnik węglowy (CO_2). Jeżeli ciało zawierało także azot, siarkę lub fosfor, tedy tworzą się prócz tego jeszcze tlenki tych pierwiastków.

Najważniejsze gromady związków organicznych, odgrywających pewną rolę w życiu praktycznem, są następujące:

A. Wodniki węgla.

§. 34. Wodniki węgla składają się z węgla, wodu i tlenu, w których ostatnie dwa pierwiastki w takim stosunku się znajdują, w jakim tworzą wodę. Niektóre z nich napotykamy w wielkich ilościach w świecie roślinnym, jakotéż zwierzęcym.

Ciała te dzielimy na gronowce, trzcinowce i włóknikowce.

I. Gronowce są ciałami stałymi, krystalicznymi, z wyjątkiem cukru owocowego, który jest masą gumowatą, bezpostaciową. Wszystkie są we wodzie łatwo rozpuszczalne i posiadają smak słodki. Do nich należą:

a) Cukier gronowy znajduje się w soku wielu owoców, w miodzie, w szczególności zaś w soku winogron, skąd jego nazwa. Fabrycznie otrzymują go ze skrobi, gotowanéj w mieszaninie kwasu siarkowego i wody.

b) Cukier owocowy, podobny z własności swych do poprzedniego, znajduje się obok gronowego w miodzie i w dojrzałych owocach.

Oba powyższe gronowce, rozpuszczone w wodzie, pod wpływem drożdży ulegają fermentacyi wyskokowéj, służą do wyrabiania win i moszczów rozmaitych, o czém późniéj.

II. Trzcinowce są również ciałami stałymi, smaku słodkiego, w wodzie łatwo rozpuszczalne. Tu należą między innymi cukier trzcinowy i mlékowy.

Cukier trzcinowy znajduje się w małych ilościach niemal we wszystkich owocach, prócz tego w wielu roślinach, w szczególności zaś w trzcinie cukrowéj i buraku cukrowym, z których téż wyrabiają go fabrycznie.

Sok, uzyskany z trzciny lub buraków, zapomocą prasowania lub téż tak zwanéj maceracyi, zadaje się naprzód odpowiednią ilością mléka wapiennego, poczém wysyca się go bezwodnikiem węglowym, oddziela od osadzonego tym sposobem wapna, odbarwia węglem kościanym i podparowuje w próżni do gęstości miodu. Wszystkie te czynności uskutecznia się ze sokiem trzcinowym bardzo szybko, gdyż przy wysokiéj

temperaturze, panującéj w strefie gorącéj, rozkłada się on łatwo. Wykrystalizowany po niejakim czasie cukier oddziela się od nieskrystalizowanéj części (melasy); w celu dalszego oczyszczenia poddaje się go rafinowaniu. Rafinowanie cukru ze soku trzcinowego uskuteczniają w Europie, gdyż tu dla stosunkowo niskiéj panującéj temperatury cukier nie ulega rozkładowi. Skrystalizowany cukier, barwy brunatnéj, rozpuszcza się w małéj ilości wody, odbarwia powtórnie węglem i podparowuje tak długo, dopóki pewna część cukru niewykrystalizuje z roztworu. Tym sposobem otrzymaną gęstwę krystaliczną napełnia się w stosowne formy i pozostawia do ostygnięcia. Wilgotny i zabarwiony czub głowy cukru zastępuje się czystą gęstwą, a resztę syropu, przyczepionego do kryształów cukru, wypompowuje się w stosownym przyrządzie. Stwardniały cukier wyjmuje się wreszcie z form i suszy w komorach, ogrzanych do 50° lub 60° C.

Melasy używają do osładzania wielu napojów, a najwięcéj do fabrykacyi rumu.

Cukier lodowaty uzyskują z syropu, niecałkiem odbarwionego, który ściekając po nitkach, rozpiętych w naczyniach miedzianych, powoli stygnie i krystalizuje.

Syrop, ogrzany do 150° C. i następnie oziębiony, zamienia się w masę nawpół przezroczystą, cukrem bonbonowym zwaną. Przy 200° C. zamienia się syrop w ciało brunatne, smaku gorzkawego, zwane karamelem, którego używają do zabarwiania win i likierów.

III. Włóknikowce są ciała stałe niekrystaliczne. Te, które są rozpuszczalne, nie posiadają smaku żadnego. Tu należą między innymi włóknik i skrobia.

a) Włóknik czyli drzewnik jest ze wszystkich wodników węgla w świecie roślinnym najbardziéj rozpowszechniony, z niego bowiem są urobione komórki i naczynia wszystkich roślin. Z tego powodu, jakotéż z powodu rozległego zastosowania praktycznego (tkaniny lniane, konopne, bawełniane, masa papierowa, bawełna strzelnicza i t. d.), należy niezaprzeczenie do najważniejszych materyi organicznych. Jest ciałem bezpostaciowém, naśladującém zazwyczaj kształt komórek i naczyń tych roślin lub części roślinnych, z których go otrzymano.

Zgęszczony kwas siarkowy zamienia go w masę klajstrowatą, przypominającą krochmal. Papier, namoczony krótki czas w kwasie siarkowym i następnie dobrze wodą wypłókany, zamienia się w materyą, do pergaminu podobną. Dymiący kwas azotowy zamienia go w ciało wybuchające, pyroxyliną albo bawełną strzelniczą zwane, rozpuszczające się w mieszaninie wyskoku i eteru. Rozczyn ten jest znany pod nazwą kolodyonu, którego używają we fotografii. Z drzewnika, zawartego w zużytych gałganach, wyrabiają papier do pisania i druku, a z gałganów bawełnianych bibułę, papier pakunkowy i tektury introligatorskie. Po rozgatunkowaniu gałganów na lniane i bawełniane, według ich barwy, rozcierają je zapomocą żelaznych walców, bielą i zamieniają w jednolitą

masę. Masę tę puszczają na długie sita druciane, na których osadza się warstwą cienką jednostajnie grubą i pozbywa wody; stąd przechodzi ta warstwa między sukna filcowe, gdzie się do reszty osusza i sprasowuje. Po nagumowaniu (kléj z ałunem) prasują jeszcze raz tak przyrządzony papier, suszą i przycinają w stosownych rozmiarach. Domieszka roztartéj masy drzewnéj czyni papier wprawdzie tańszym, ale za to kruchym i łatwo się łamiącym.

b) Skrobia znajduje się w komórkach wielu roślin, mianowicie w nasieniu traw, w bulbach kartoflanych, w rdzeniu niektórych palm i t. d. W wodzie zimnéj nierozpuszczalna, z gorącą daje masę klajstrowatą; działaniem kwasów rozcieńczonych zamienia się w dextrynę, ciało, w zimnéj wodzie rozpuszczalne, do gumy arabskiéj podobne, przy dłuższém działaniu zaś w cukier gronowy.

Skrobi używają do krochmalenia bielizny, jako klajstru i t. d. Sago kartoflane i sago palmowe jest czystą skrobią.

Cukier, skrobia i guma stanowią jednę z głównych części naszego pożywienia, wytwarzają bowiem tłuszcz w organizmach zwierzęcych.

B. Związki azotowe.

§. 35. Ciała białkowate (proteinowe) składają się z węgla, wodu, tlenu, azotu i z małéj ilości siarki i fosforu. Napotykamy je w roślinach i organizmach zwierzęcych. Tworzą drugą główną część składową naszego pożywienia, z nich bowiem składa się przeważnie krew u ludzi i zwierząt. Do nich należą:

1) Białko; napotykamy je w jajach, we krwi i soku wielu roślin. Jestto ciało białe, bez smaku i zapachu, we wodzie rozpuszczalne. Ogrzane ścina się w białe płatki i w takim stanie jest trudne do strawienia.

Białka używają do klarowania mętnych płynów, przy pozłacaniu drzewa, papieru i t. d., do apretury. Zmieszane z wapnem, jest bardzo trwałym kitem.

2) Sernik (casein) napotykamy obficie w świecie zwierzęcym (w mléku ssaków) i roślinnym, szczególniéj w nasionach strączkowych. Ścina się na ciałka stałe, jeśli do cieczy, zawierającéj w sobie sernik, dodamy kilka kropel jakiego kwasu.

3) Fibryn (włóknik), napotykamy w nasionach zbożowych, a w stanie płynnym (rozpuszczony) we krwi. Czerwona masa, wypełniająca muszkuły i mięso zwierzęce, jest stałym fibrynem.

Najważniejsze ciała proteinowe, służące za pokarm ludziom i zwierzętom, są następujące:

a) Jaje składa się z białka (84 części wody, reszta do stu przypada na białko i niektóre sole) i z żółtka (16 proc. białka i wody, w której pływają żółte ciałka tłuszczowe i olej jajowy). W stanie surowym daje pożywienie bardzo łatwe do strawienia (jaja na miękko); jaja twardo ugotowane strawi żołądek tylko wtedy, gdy je dobrze przeżujemy.

b) Mléko jest jedynym pokarmem, zawierającym wszystkie te części składowe, których potrzebuje nasz organizm do odżywienia; mléko zatém, użyte jako pokarm wyłączny, zdoła wyżywić i odnawiać cały organizm ludzki. W mléku napotykamy roztwory sernika, cukru mlékowego (stąd smak słodki), wiele soli i 79% wody, w której pływają mikroskopowe kuleczki masła. Kuleczki te zbierają się po niejakim czasie na powierzchni mléka i tworzą tak zwaną śmietankę. W samém mléku, trzymaném przez dłuższy czas w średniéj temperaturze, przeistacza się cukier mlékowy na kwas mlékowy, który ścina sernik. Mléko takie zowiemy kwaśném. Z kwaśnego mléka można zapomocą ogrzania oddzielić od serwatki sérnik, jako sér.

Ze słodkiego (świeżego) mléka można otrzymać sér i serwatkę słodką, zapomocą kwasu, lub gleku (sérka ze żołądka młodych ssących jeszcze cieląt), dodanego do mléka. W ten sposób wyrabiają séry holenderskie, szwajcarskie i nasze owcze. Chcąc w lecie mléko słodkie lub śmietankę zachować przez czas dłuższy, dodajemy do niego sodę, która zobojętnia wytwarzający się kwas mlékowy.

c) Mięso zwierząt rzeźnych składa się z różnorodnych tkanek i cieczy, zawierających głównie fibryn i nieco tłuszczu. Barwa czerwona mięsa pochodzi od naczyń krwionośnych, rozgałęzionych licznie w tych tkankach.

Ugotowanie mięsa powinno się tak odbywać, aby nic nie uronić ze soku, zawartego w mięsie, w którym znajdują się najpożywniejsze części; a zatém najpożywniejsze będzie mięso pieczone, gdyż wtedy tworzy się cienka, twarda powłoka na powierzchni mięsa, która nie pozwala ujść sokom mięsnym. Gotowane mięso nie uroni wiele ze swéj pożywności, jeśli je gorącą wodą zalejemy, wtedy bowiem białko i inne części zetną się i nie ujdą tak łatwo z mięsa.

Posilne zupy mięsne (buliony) wyrabiają z mięsa, rozdrobionego na małe kawałeczki, które zimną wodą nalawszy, następnie przez dłuższy czas gotują. Mięso wędzone, konserwuje się dłużéj niż niewędzone, jest atoli mniéj strawne, gdyż nasolenie, poprzedzające wędzenie, stwardza włókna mięsne.

d) Zboża zajmują obok nasion strączkowych, pod względem pożywności, miejsce pierwszorzędne między pokarmami; zawierają one prócz niestrawnéj łupki (grysu) przeważnie skrobię, nadto białko, kléj roślinny i fibryn; te ostatnie składniki są, jak wiadomo, najpożywniejsze, a ze wszystkich roślinnych pokarmów posiadają ich najwięcéj nasiona strączkowe, u których należy, o ile możności, oddalić wierzchnią łupkę, jako bardzo niestrawną. Przecieranie gęstwy grochowéj, fasolowéj i t. d. przez sita.

Kartofle, zawierające 70—80% wody i nieco skrobi, dają stosunkowo bardzo liche pożywienie. Rozmiażdżone kartofle są strawniejsze. Dlaczego?

e) Jarzyny, jak sałata, szparagi, kapusta, kalafiory, buraki i t. d., zawierają mało części pożywnych, natomiast wiele kwasów organicznych,

które w wysokim stopniu przyczyniają się do łatwiejszego i szybszego trawienia. Podobną rolę odgrywają, jako pokarm, owoce.

§. 36. Alkaloidy, są to ciała przeważnie stałe, zawierające azot, podobnie jak proteinowe, częstokroć krystaliczne, mogące z kwasami tworzyć sole, a zatém przyrody zasadowéj. Napotykamy je przeważnie w świecie roślinnym, im też po większéj części wiele roślin zawdzięcza swe lecznicze lub trujące własności. Na wzmiankę zasługują:

1. Chinina, znajdująca się w różnych gatunkach kory chinowéj. Jéj sole służą jako lekarstwo przeciw febrze, najczęściéj siarkan lub wodochlorek chininy.

2. Morfina, napotykana w zasuszonym soku mlecznym niedojrzałych torebek nasiennych maku *(opium)*, służy jako środek, uśmierzający ból nerwów i skuteczny przeciw bezsenności. Jest trucizną.

3. Atropina w wilczéj jagodzie *(Atropa Belladonna)* i bieluniu *(Datura stramonium)*, używaną bywa w słabościach ocznych, działa bowiem na źrenicę, rozszerzając ją. Jest silną trucizną.

C. Tłuszcze.

§. 37. Tłuszcze i tłuste oleje. Płynne tłuszcze roślinne nazywamy olejami lub oliwami, płynne tłuszcze zwierzęce — tranem, miękkie tłuszcze zwierzęce — smalcem albo masłem, a tłuszcze konsystencyi stałéj — łojem.

Wszystkie powyżéj wymienione ciała są lżejsze od wody i nierozpuszczalne w niéj, dlatego nałożone cienką warstwą na drewniane przedmioty, chronią je przed wilgocią, a témsamém przed butwieniem. Rozpuszczają się w wyskoku, eterze i benzynie. Dlatego najłatwiéj wyczyścić tłuste plamy tymi rozczynnikami.

Tłuszcze stałe przerabiają na świece i mydła; płynne służą do oświetlania zapomocą lamp, do wyrabiania farb, pokostów, czernidła drukarskiego. Niektóre (masło, smalec, oliwa) służą za pożywienie.

Wszelkie tłuszcze posiadają dwa składniki: glicerynę i jakiś kwas tłuszczowy, n. p. kwas stearynowy, palmitowy, oleinowy (w tłuszczach płynnych) i t. d.

§. 38. Mydła. Jeżeli jakikolwiek tłuszcz ogrzewać będziemy z ługiem gryzącym (rozczynem wodnika potasowego lub sodowego), to rozpuszcza się on zwolna, dając przytém płyn lepki, pienisty, po stosownėm podgęszczeniu ciągnący się za szpatką w nitki,

karukiem mydlanym zwany. Tłuszcz przy téj sposobności ulega rozkładowi: kwas tłuszczowy łączy się z tlenkiem sodu lub potasu na mydło sodowe lub potasowe, a drugi składnik — gliceryna — wydziela się wolno, jako produkt uboczny.

Mydła są zatém sole sodowe lub potasowe, w których zasadą jest tlenek sodu lub potasu, a kwasem jakiś kwas tłuszczowy.

Mydło rozpuszcza tłuszcze, oleje i bardzo wiele innych związków organicznych, ważném jest dlatego w gospodarstwie domowém. Pranie bielizny.

Z gliceryny, płynu bezbarwnego, smaku słodkawego, wyrabiają nitroglicerynę przez podgotowanie z kwasem azotowym i dynamit (nitroglicerynę zmieszaną z ziemią koralową). Używają jéj nadto w lecznictwie, do słodzenia rozmaitych napojów (win) i t. d.

§. 39. Olejki ulotne, żywice. A. Olejki ulotne, zwane także eteryczne, napotykamy w roślinach, którym nadają właściwy zapach. Uzyskujemy je zwykle zapomocą destylacyi pokruszonych cząstek liścia, kwiatów lub owoców odnośnych roślin z domieszką pewnéj ilości wody. Plama tłusta, zrobiona takim olejkiem eterycznym na papierze, ginie w krótkim czasie. Olejki te nie są w wodzie rozpuszczalne, roztwarzają się natomiast łatwo w wyskoku, eterze i tłuszczach. Na powietrzu łączą się z tlenem i twardnieją, zamieniając się w żywice.

1. Olejek terpentynowy uzyskujemy z drzew szpilkowych wprost i z żywic, jakie te drzewa wydzielają. Jestto ciecz jasna, o mocnéj woni. Służy do rozpuszczania żywic, z którymi tworzy szybko schnące pokosty, i do rozrzedzania (rozcieńczenia) farb olejnych.

2. Olejek cytrynowy, wyrabiany z łupek cytryny, olejek bergamotowy, z łup cytryny bergamotki, olejek goździkowy, różany, olejek gorzkich migdałów, cynamonowy, miętowy, bywają używane do parfumeryi i przy fabrykacyi likworów.

3. Kamfora, ciało stałe krystaliczne, barwy białéj, zapachu przenikającego, wyrabiane z drzew kamforowych, rosnących w Japonii i Chinach; bywa ona używaną w medycynie, jako środek przeciw molom itd.

4. Oléj skalny, jestto ciecz łatwo zapalna, o zapachu właściwym, barwy raz wodo-jasnéj (nafta) lub żółto-brunatnéj (oléj skalny), czasami czarno-brunatna i gęsta (maź skalna). Obficie napotykana nad morzem kaspijskiém (Baku) i w Chinach, w Pensylwanii i Ohio w Ameryce północnéj, niemniéj w Galicyi. Nafty oddestylowanéj, t. j. uwolnionéj od bardzo ulotnych części (ligroiny), używają do oświetlania, jako dobrego rozczynnika żywic do sporządzania pokostów — w medycynie przeciw odmrożeniu i t. d.

Parafin, ciało krystaliczne barwy białéj, uzyskują jako wytwór destylacyi oleju skalnego, mazi, torfu i węgla brunatnego. Służy zmieszany z kwasem stearynowym do wyrabiania świec parafinowych.

B. Żywice oddzielamy od kory drzew, zawierających olejki ulotne, z którymi są najczęściéj zmieszane (balsamy). Rozpuszczają się tylko w wyskoku, eterze i olejkach eterycznych.

1. Żywica terpentynowa wycieka zmieszana z olejkiem terpentynowym z drzew szpilkowych. Przez oddestylowanie téj żywicy z wodą otrzymujemy olejek terpentynowy, a pozostałością destylacyi jest żywica brunatnéj barwy, zwana kolofonium. Stężona na powietrzu zowie się smołą żółtą, a podgotowana do zakipienia zamienia się na smołę czarną.

Pozostałość wrzątka żywicy spalają, a pochwycone przytém smolące dymy dają kienrus, ważny przy fabrykacyi czernidła drukarskiego, szuwaksu, ciemnych pokostów i t. d.

Podczas suchéj destylacyi drzewa szpilkowego otrzymujemy z początku maź, która przedystylowana z wodą, przechodzi do chłodnika, jako smoła jasna; późniejsza maź jest ciemna, a przedystylowana podobnie jak tamta, daje smołę czarną, używaną do kitowania okrętów.

2. Szellak wycieka nadciętymi w korze wąskimi rysami, z drzew niektórych w Indyach wschodnich. Rozpuszczony w wyskoku daje politurę stolarską.

Lak pocztowy składa się z żywicy, szellaku i cynobru.

3. Bursztyn jest żywicą przedhistorycznych drzew szpilkowych, barwy żółtéj lub brunatnéj. Przerabiają go na rzeczy ozdobne; rozpuszczony w wyskoku, daje wyborny pokost bursztynowy.

4. Asfalt jest prawdopodobnie żywicą oleju skalnego, barwy połyskująco czarnéj. Służy do wyrabiania czarnego pokostu na przedmioty żelazne i skórzane, laku czarnego, na pochodnie, jako ogniotrwałe pokrycie dachów, do wylewania boków okrętów, zmieszany z piaskiem i drobnym żwirem do wyścielania chodników.

5. Kauczuk jest suchym sokiem mlecznym niektórych drzew, rosnących w Indyach wschodnich i Ameryce południowéj. Z niego wyrabiają rury, kalosze, gumi elastykę do wycierania rysunków i t. d.

Z domieszką siarki nazywa się kauczukiem wulkanizowanym. Przez obfitsze domieszanie siarki i innych ciał, jak kredy, gliny zamienia się na twardy rogowy kauczuk albo ebonit, przydatny do niektórych wyrobów, jak grzebieni, guzików i t. d.

6. Gutapercha jest sokiem z drzewa gutaperchowego, rosnącego w Indyach wschodnich; ciało twardsze, lecz mniéj sprężyste niż kauczuk, daje się natomiast łatwiéj topić i formować; używają jéj na odciski galwanoplastyczne, rury i naczynia, na pasy przenośne i t. d.

D. Wytwory fermentacyi.

§. 40. Wstępne doświadczenia. Trzy probierki napełniam rozmaitymi cieczami. Do jednéj z nich wlewam wody cukrowéj z domieszką drożdży, do drugiéj słodkiego mléka, a do trzeciéj nieco białka, wyjętego z surowego jaja. Utrzymując wszystkie te trzy probierki przez dłuższy czas w letniéj temperaturze, spostrzegę w każdéj z nich odrębne zjawisko. W pierwszéj probierce

poczyna się mącić przedtém czysta woda cukrowa, na powierzchni tworzą się duże bąbelki, napełnione gazem, z których gaz ów uchodzi w powietrze. Burzenie się to płynu trwa przez kilka godzin, poczém ciecz wyjaśnia się, staje się całkiem przezroczystą. Nie jestto atoli tasama słodka woda cukrowa, zapach i smak bowiem przypomina wyraźnie wódkę. Przemianę tę cukru, rozpuszczonego w wodzie, pod działaniem drożdży, na spirytus nazywamy fermentacyą wyskokową.

W drugiéj probierce zamienia się po kilku godzinach rzadkie słodkie mléko na płyn gęsty, kwaśny, zwany mlékiem kwaśném; tu jak wiemy, zamienił się cukier mlékowy (§. 35. mléko) na kwas mlékowy. Przemianę tę cukru (mlékowego) na kwas (mlékowy), zowiemy fermentacyą kwaśną albo octową.

Z trzecią probierkę należy kilka dni poczekać: po tym czasie spostrzeżemy, iż masa jednolita białka zciemniała; potworzyły się w niéj brudne pręgi, a ciecz sama wydziela woń niemiłą, odrażającą. Wiemy z życia codziennego, iż jaje zgniło.

Taką przemianę ciał, po której ciało organiczne ulega zupełnemu lub częściowemu rozkładowi, nazywamy fermentacyą zgniłą.

Z tych doświadczeń widzimy, iż fermentacyą w ogóle nazwano rozkład ciał organicznych, odbywający się w obecności wody pod wpływem fermentów.

Fermenty są to twory organiczne (grzyby) mikroskopowe, które wywołują ów rozkład; dostają się one do danéj cieczy albo we formie drożdży, albo wprost z powietrza, w którém się unoszą.

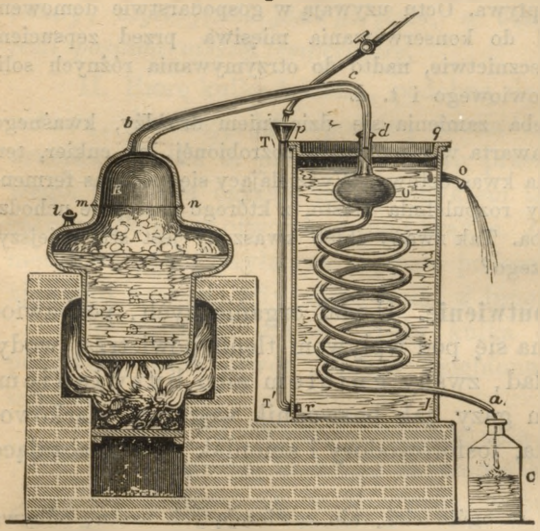
Wytwory fermentacyi zależą od rodzaju ciała fermentującego, od przyrody fermentu, oraz od temperatury fermentującego płynu, stąd téż rozróżniamy głównie trzy rodzaje fermentacyi: 1) wyskokową, 2) kwaśną i 3) zgniłą.

§. 41. Fermentacya wyskokowa. Przy fermentacyi wyskokowéj zamienia się cukier, rozpuszczony we wodzie, pod wpływem fermentu a w temperaturze 3° — 35° C., na wyskok i bezwodnik węglowy. W poprzedniém doświadczeniu wyskok w probierce rozpuścił się we wodzie, a bezwodnik węglowy uszedł bąbelkami w powietrze.

Aby otrzymać fabrycznie zwykły wyskok, bierzemy zboże, kartofle i t. d., roztarte i zarobione wodą o temperaturze 60—65° C. na klajster, i mieszamy z odpowiednią ilością słodu, roztartego na grubą mąkę. Niebawem skrobia owego zboża, pod wpływem dyastazy, w słodzie zawartéj, poczyna zamieniać się w dextrynę (rodzaj gumy), a następnie

w cukier (maltozę), w skutek czego płyn klajstrowaty staje się coraz rzadszym i przybiera smak słodki, a ciężar gat. się wzmaga. Jeżeli ciężar gat. staje się statecznym, o czém zapomocą cukromierza przekonać się można, natenczas skrobia przeistoczyła się w cukier. Dalsze fermentowanie wyskokowe odbywa się po szybkiém ochłodzeniu przy temperaturze 18° lub 20° C. Sok winny przechodzi fermentacyą wyskokową w beczkach otwartych, w ustawionych ciepłych przewiewnych piwnicach.

Fig. 12.



Płyny sfermentowane wchodzą w użytek albo jako takie po należytém wyklarowaniu, np. wino, jabłecznik, miód sycony, piwo, albo poddaje się je destylacyi, zapomocą przyrządu, na fig. 12. przedstawionego, w celu oddzielenia wyskoku od innych ciał, które powstały jako uboczne wytwory (produkta) przy fermentacyi, lub też były zawarte w pierwotnym płynie obok cukru.

Oddestylowany z płynu sfermentowanego wyskok nie jest nigdy zupełnie czystym; zawiéra on obok rozmaitéj ilości wody pewne przymieszki, które mu nadają właściwy smak i zapach przyjemny, jak n. p. u araku wyrabianego z ryżu, u rumu z melasy cukru trzcinowego, u koniaku oddestylowanego z wina i t. d. — lub też nieprzyjemny jak n. p. u zwykłego spirytusu kartoflanego. W tym ostatnim wypadku oczyszczamy go albo zapomocą powtórnéj destylacyi, lub też przez namoczenie drobnych kawałków węgla drzewnego. Uboczny wytwór przy pędzeniu spirytusu zwykłego nazywa się brahą i służy do tuczenia bydła rzeźnego.

Fig. 13.

§. 42. Fermentacya kwaśna polega na połączeniu wyskoku z tlenem pod działaniem stosownego fermentu; wytwór téj fermentacyi zowiemy octem. Stosownie do płynu, z którego otrzymaliśmy ocet, rozróżniamy octy winne, piwne, spirytusowe, owocowe, drzewne i t. d.

Najczęściéj atoli wyrabiają ocet zapomocą tak zwanéj szybkiéj fabrykacyi octu.

W tym celu używa się beczki (Fig 13.), któréj dno dolne jest pełne; nad niém, więcéj ku górze jest drugie dno (fałszywe), podziur-

kowane. Część beczki pomiędzy dnem pełném i dnem fałszywém jest opatrzona licznymi otworami, umożliwiającymi przystęp powietrza do wnętrza beczki.

Beczkę taką napełnia się wiorami dębowymi, przesiąkłymi mocnym octem winnym, nakrywa następnie krążkiem dziurkowatym i ustawia w komorze, ogrzanéj do 30° C. Nalewając teraz zwolna mocno rozwodniony wyskok sprawiamy, iż ten ścieka po wiorach, a na drodze, stykając się z dostateczną ilością powietrza, utlenia się na kwas octowy i jako ocet z beczki wypływa. Octu używają w gospodarstwie domowém jako zaprawy potraw i do konserwowania mięsiwa przed zepsuciem (marynaty), niemniéj w lecznictwie, nadto do otrzymywania różnych soli, jak octanu sodowego, ołowiowego i t. d.

Przy wyrobie chleba zamienia się działaniem drożdży, kwaśnego ciasta i t. d. skrobia, zawarta w mące wodą rozrobionéj, na cukier, ten na wyskok, a wreszcie na kwas octowy. Wydzielający się podczas fermentacyi bezwodnik węglowy rozpulchnia ciasto, z którego następnie uchodzi podczas wypiekania chleba. Tak zwany chléb kwaszony jest strawniejszy, niż placki przaśne. Dlaczego?

§. 43. Gnicie, butwienie. U ciał organicznych, pozbawionych życia, rozpoczyna się pod wpływem tlenu powietrza, wody i ciepła powolny rozkład, zwany gniciem albo butwieniem. Uchodzą przytém gazy, jak bezwodnik węglowy, siarkowodor, dwusiarczek węgla, fosforowodory i amoniak — odznaczające się niemiłą wonią.

Butwienie roślin i w ogóle ciał, nie zawierających azotu, odbywa się bardzo raźnie i przyczynia do przysporzenia urodzajnéj ziemi, zwanéj próchnicą.

ROZDZIAŁ DRUGI.

Nauka o cieple.

§. 44. Najważniejsze działania ciepła. I. Dotykam się ręką trzech kulek żelaznych jednakowego ciężaru, z których pierwszą trzymałem przedtém przez czas niejaki nad płomykiem lampki spirytusowéj, druga leżała na stole, a trzecią wyjąłem ze świeżéj wody studziennéj. Dotykając się doznaję rozmaitego uczucia, a mianowicie czuję, że pierwsza kulka jest gorąca, druga chłodna, a trzecia jest zimna.

Odmiany czucia, jakich doznajemy, dotykając się ciał rozmaicie ogrzanych, zowiemy temperaturą albo stopniem ogrzania.

W potocznéj mowie mamy odrębne wyrazy na oznaczenie stopnia ogrzania, mówimy: ciało jest gorące, ciepłe, letnie, zimne i t. d.

Przyczyną rozmaitych stopni ogrzania, czyli rozmaitéj temperatury ciał, jest pewien stan ciała, zwany ciepłem.

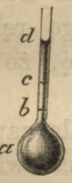
O kulce żelaznéj, wyjętéj z zimnéj wody, mówimy, że posiada mniéj ciepła, aniżeli ta, która okazywała letnią temperaturę, a najwięcéj ciepła ma kulka gorąca, która była trzymana przez czas pewien nad płomykiem.

Ciało posiada zatém więcéj ciepła, jeśli ma wyższą temperaturę, czyli jeżeli jest gorętsze, a odwrotnie ma mniéj ciepła, jeśli posiada niższą temperaturę.

II. Biorę kulkę żelazną, podobną do poprzednich, z tą tylko różnicą, iż mogę ją zapomocą uszka metalowego zawiesić na druciku. Kulka ta przechodzi łatwo przez otwór krążka metalowego. Skoro ją ogrzeję nad płomykiem lampki, spostrzegam, iż zatrzymuje się w otworze owego krążka. Z tego wynika, iż kulka metalowa powiększyła swą objętość podczas ogrzewania. Podobne zjawisko nastąpi, gdy użyję kulki z innego metalu.

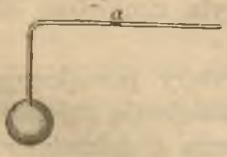
Po niejakim czasie, kiedy kulka oziębnie, przesunie się ponownie przez otwór. Żelazo oziębione zmniejsza zatém swą objętość.

Fig. 14.



2. Woda, zajmująca całą flaszeczkę i część rurki, osadzonéj szczelnie zapomocą korka w szyjce (fig. 14.), podnosi się w téj rurce, skoro flaszeczkę ostrożnie ogrzejemy. Jestto dowodem, że woda ogrzana powiększa swą objętość; aby zaś można widzieć podchodzenie wody w rurce, zabarwiłem wodę na czerwono. Tosamo powtórzy się, jeśli do flaszeczki zamiast wody naleję rtęci, lub jakiéj innéj cieczy.

Fig. 15.



3. Powietrze, zawarte w bańce szklanéj i w części rureczki (fig. 15.), zamykam kroplą rtęci. Kropelka ta usunie się do połowy rurki i zatka powietrze w bańce zawarte, podobnie jak korek. Po ogrzaniu nawet ręką posunie się szybko naprzód kropelka rtęci w rureczce, a gdy banieczkę oziębimy, zsunie się kropla na dół. Jestto dowodem, że i powietrze, ciało bardzo wiotkie, rozszerza się podczas ogrzania, a kurczy czyli pomniejsza swą objętość po dokonaném oziębieniu.

Ciała ogrzane rozszerzają się, a oziębione pomniejszają swą objętość.

III. Mam tu w czareczce kawałek lodu, jestto ciało stałe i dość kruche. Pod tę czareczkę podsuwam płomyk lampki, i oto

spostrzegam, że lód powoli poczyna zamieniać się w ciało płynne. W krótkim czasie wypełni czareczkę zamiast lodu płynna woda. Gdy daléj tę wodę ogrzeję, pocznie się kłębić na powierzchni i wewnątrz, a po nad powierzchnią wody ujrzę unoszącą się parę wodną, która rozprasza się w powietrzu. Para ta jest swą wiotkością bardzo podobna do powietrza. Z tego doświadczenia widzimy, iż ciało stałe zamienić można w płyn działaniem ciepła, a płyn można przeistoczyć w parę, czyli ciało lotne.

Zapomocą ogrzania można zmienić stan skupienia każdego ciała.

Z powyższych doświadczeń widzimy, iż ciepło może wywołać na ciałach trojakie zjawiska, a mianowicie:

I. zmianę stopnia temperatury ciała, którą czuciem poznajemy;

II. zmianę objętości ciała;

III. zmianę stanu skupienia ciał.

I.

§. 45. Temperatura ciał, pomiar temperatury i ciepła. Dotykam się kulki metalowéj ręką, którą dobrze ogrzałem przy naczyniu, napełnionem gorącą wodą, i spostrzegam, iż kulka jest zimną; dotykam się następnie téjsaméj kulki drugą ręką, którą dłuższy czas trzymałem na kawałku lodu, i czuję, że ta sama kulka jest ciepła.

Z tego widzimy, że ocenienie stopnia ogrzania ciała zapomocą czucia naszéj ręki jest niedokładne i że ten sam człowiek może dany przedmiot uważać jako zimny, jeśli ręka jego jest cieplejsza od przedmiotu, albo może mniemać, że tensam przedmiot jest ciepły, jeśli dotykająca się ręka była zimniejsza od owego przedmiotu.

Ponieważ ciała z podniesieniem temperatury powiększają swą objętość, a ze zniżeniem temperatury pomniejszają objętość, można więc téj własności ciał użyć do ocenienia i dokładnego oznaczenia temperatury ciała.

Aby oznaczyć z łatwością i dokładnie temperaturę ze zmiany objętości ciała, powinno to ciało: 1) przy jednakowych zmianach temperatury zmieniać jednakowo swą objętość, 2) przy odzyskanéj pierwotnéj temperaturze powinno odzyskać pierwotną objętość, 3) przy niewielkich zmianach temperatury zmieniać swą objętość w takich rozmiarach, aby to zwiększenie dostrzéc można.

Ciała, które tym warunkom czynią zadość, jak metale, rtęć, powietrze atmosferyczne i wyskok, zowią się ciałami *ciepłomierniczymi.*

Biblioteka Główna WSP
w Krakowie

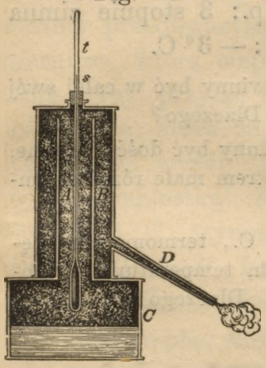
Stosownie do użytego ciała ciepłomierniczego, rozróżniamy termometry rtęciowe, wyskokowe, metalowe i powietrzne.

§. 46. Termometr rtęciowy składa się z rureczki szklanéj, wydętéj na jednym końcu w kulkę (lub szerszy wałeczek), którą napełniamy czystą rtęcią, uwolnioną od baniek powietrza i z podziałki.

Aby uskutecznić podziałkę, oznaczamy dwa punkty zasadnicze na rureczce, jeden z nich jest punktem tajania lodu, a drugi punktem wrzenia wody.

Rtęć, zawarta w rurce szklanéj, zasklepionéj u góry, i zanurzona w lód lub śnieg tający, przybiera po niejakim czasie temperaturę tającego lodu, a słupek rtęciowy, zawarty w rurce, zajmie pewną wysokość, która pozostanie niezmienną, jak długo tający lód otacza rurkę. Punkt ten, do którego wznosi się obecnie słupek rtęci, jest punktem tajania lodu, albo marznięcia wody.

Fig. 16.



Do drugiego, podobnie stałego punktu wzniesie się słupek rtęci, jeśli termometr umieścimy w naczyniu (fig. 16.), które wypełnia para wody wrzącéj, chemicznie czystéj. Ten punkt *(s)*, zwany punktem wrzenia, naznaczamy, podobnie jak poprzedni kreseczką.

Odległość między obu tymi punktami zasadniczymi, dzielimy podług Réaumura na 80, podług Celsiusza na 100, a podług Fahrenheita na 180 równych części. Punkt tajania lodu oznacza się podług Réaumura i Celsiusza zerem, a na podziałce Fahrenheita liczbą 32. Przy punkcie wrzenia należy zatém napisać na termometrze Réaumura 80, na termometrze Celsiusza 100, a na termometrze Fahrenheita liczbę 212 (fig. 17. str. 46).

Jak z tego widzimy, 1^0 R. wynosi $\frac{5}{4}{}^0$ C., a odwrotnie 1^0 C. równa się $\frac{4}{5}{}^0$ R. Zatém 8^0 R. $= 8^0 \times \frac{5}{4}$ C. $= 10^0$ C., podobnie 20^0 C. $= 20 \times \frac{4}{5}$ R. $= 16^0$ R.

Gdyby na termometrze Fahrenheita przy punkcie tajania lodu było napisane zero, a nie 32, toby 1^0 F. $= \frac{4}{9}{}^0$ R. $= \frac{5}{9}{}^0$ C. i odwrotnie: 1^0 R. $= \frac{9}{4}{}^0$ F., a 1^0 F. $= \frac{9}{5}{}^0$ C.

Mając np. 68° F. zamienić na stopnie Réaumura, należy od 68 odjąć najpierwéj 32, a resztę pomnożyć przez $\frac{4}{9}$; a zatém $68-32=36$ a $36 \times \frac{4}{9} = 16$. Z tego widzimy, że 68° F. $= 16^\circ$ R. $= 20^\circ$ C.

Fig. 17.

Jeśli wypadnie np. 12° R. zamienić na stopnie Fahrenheita, należy $12 \times \frac{9}{4}$, a do iloczynu dodać 32; a zatém:

12° R. $= 12 \times \frac{9}{4} + 32 = 59^\circ$ F., a 15° C. $=$

$= 15 \times \frac{9}{5} + 32 = 59^\circ$ F.

Termometry z podziałką Celsiusza są dziś najbardziéj rozpowszechnione. Anglicy i narody mówiący po angielsku używają przeważnie termometrów z podziałką Fahrenheita.

Podziałka, poprowadzona poniżéj zera (lub 32° F.), oznacza stopnie zimna, a liczby 1, 2, 3, 4.... od zera idąc na dół, czyta się i pisze ze znakiem ujemnym. Np.: 3 stopnie zimna podług Celsiusza, piszemy: -3° C.

Rurki termometrowe powinny być w całéj swéj długości jednakowo szerokie. Dlaczego?

Kulka lub wałeczek powinny być dość obszerne, jeśli chcemy wykryć termometrem małe różnice temperatury. Dlaczego?

Rtęć kipi przy $+350^\circ$ C., termometrem rtęciowym można oznaczyć zatém temperaturę, wynoszącą co najwyżéj $+350^\circ$ C. Dlaczego?

§. 47. Termometr wyskokowy. Ponieważ rtęć krzepnie przy -39° C., nie można jéj używać jako ciała ciepłomierniczego do oznaczenia temperatury poniżéj -39° C., gdyż wtedy rozszerza się i ściąga niejednostajnie. W takich razach posługujemy się termometrami wyskokowymi, t. j. termometrami, wyglądającymi zupełnie tak, jak termometry rtęciowe, z tą tylko różnicą, że kulkę i część rurki wypełnia wyskok, zabarwiony zwykle na niebiesko lub czerwono, aby wygodnie widzieć z odległości miejsce, dokąd słupek sięga. Ponieważ wyskok powyżéj zera zmienia niejednostajnie swą objętość, należy zrobić podziałkę empirycznie, t. j. przez porównanie z termometrem rtęciowym.

Często napełniają termometry zamiast wyskokiem zabarwionym dwusiarczkiem węgla.

§. 48. **Mierzenie ciepła.** Równo ogrzane kulki żelaza, miedzi, cyny, ołowiu, bizmutu i drzewa, posiadające jednakowy ciężar bezwzględny, stawiam na krążku woskowym (fig. 18.), mającym grubość około 2 cm. Wkrótce spostrzegę, że kulka żelazna przetopi najpierwéj krążek, później kulka miedziana, daléj cynowa, inne zaś kulki zatopią się znacznie we wosku, a drewniana spoczywać będzie prawie na samym wierzchu krążka woskowego.

Fig. 18.

Z tego doświadczenia widzimy, że pomiędzy tymi ciałami żelazo posiada największą ilość ciepła, a drzewo najmniejszą.

Chcąc oznaczyć ilość ciepła, zawartego w jakiémś ciele, musimy przedewszystkiém obrać sobie jakąś jednostkę ciepłomierniczą, którą ciepło mierzyć będziemy. Zgodzono się powszechnie, aby przyjąć za jednostkę ciepłomierniczą owę ilość ciepła, która zdoła ogrzać 1 Kg. wody, mającéj 0° C., o jeden stopień wyżéj. Tę jednostkę ciepłomierniczą nazwano kaloryą (ciepłostką). Zatém ciepło, które ogrzało 1 Kg. wody od 0° C. do 1° C., wynosi jedną kaloryę; ciepło, które ogrzało 1 Kg. wody o 0° C. do 100° C., wynosi 100 kaloryi. Ciepło, które ogrzało 13 Kg. wody od 0° — 10° C., wynosi 130 kaloryi i t. d.

Ilość ciepła, które zdoła ogrzać 1 Kg. żelaza od 0° C. do 1° C., wynosi tylko 0·1 kaloryi. Aby ogrzać 100 Kg. żelaza o jeden stopień wyżéj, potrzeba na to 10 kaloryi; aby ogrzać 50 Kg. żelaza o 15° wyżéj, potrzeba do ogrzania 75 kaloryi ciepła i t. d.

Aby móc oznaczyć ilość ciepła, zawartego w jakiémś ciele, musimy przedewszystkiém wiedzieć, ile kaloryi zużyć potrzeba, aby 1 Kg. danego ciała ogrzać o jeden stopień wyżéj.

Ta ilość ciepła, która zdoła ogrzać 1 Kg. danego ciała o 1 stopień wyżéj, zowie się ciepłem gatunkowém tego ciała.

Przekonano się zapomocą rozlicznych doświadczeń, że rozmaite ciała posiadają rozmaite ciepło gatunkowe i tak np.: ciepło gatunkowe wody wynosi 1 kaloryą; ciepło gatunkowe srebra wynosi 0·2 kaloryi, żelaza 0·1, cynku 0·09, miedzi 0·095, cyny 0·056, srebra 0·06, rtęci 0·033, ołowiu 0·031 kaloryi.

Ile kaloryi ciepła należy mieć, aby ogrzać 20 Kg. cynku od 0^0 — 30^0 C., 13 Kg. miedzi od 27^0 C. — 96^0 C., 10 Kg. cyny od 86^0 C. do 230^0 C., 0·8 Kg. rtęci od 0^0 — 17^0 C.?

Do ilu stopni C. podniosę temperaturę 100 Kg. ołowiu owém ciepłem, które ogrzało 4 Kg. wody od 0^0 — 10^0 C.? Dwa kilogramy rtęci mają temperaturę 126^0 C.; jaką temperaturę przybierze 0·5 Kg. wody, mającéj 0^0 C., jeśli ją témsamém ciepłem ogrzejemy, które rtęć posiada?

II.

§. 49. Wpływ ciepła na zmianę objętości ciał. W poprzedzających ustępach widzieliśmy, że ciała powiększają swą objętość z podniesieniem temperatury, a zmniejszają objętość, gdy je oziębimy. Przekonano się zarazem, zapomocą rozlicznych doświadczeń, że ciało odzyskuje pierwotną swą objętość, jeśli po ogrzaniu lub oziębieniu przywrócimy ciału pierwotną temperaturę.

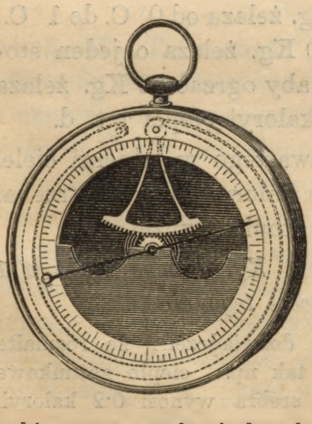
Rzadkie wyjątki tego prawa napotykamy w przyrodzie, (np. u wody), a pozornie tylko wtedy, gdy ciało pod wpływem ciepła zmienia swe własności, t. j. jeśli przeistacza się na zupełnie inne ciało, albo, gdy pewna część ciała ulotni się w formie gazu (np. u gliny, papieru).

Przyrost wydłużenia sztabki metrowéj, ogrzanéj o jeden stopień wyżéj, zowiemy *rozszerzalnikiem jednowymiarowym* ciała.

Rozliczne doświadczenia doprowadziły pod względem rozszerzalności ciał do wykrycia praw następujących:

1. Różne ciała téjsamej długości rozszerzają się przy jednakowém ogrzaniu niejednakowo, czyli rozszerzalnik dla rozmaitych ciał jest rozmaity.

Fig. 19.



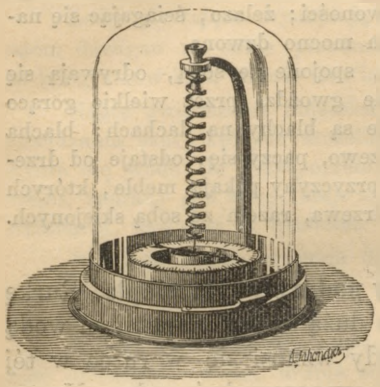
2. W temperaturach, zawartych między 0^0 a 100^0 C., rozszerzają się ciała stałe, a mianowicie metale, w ogóle jednostajnie.

Termometry metalowe polegają na rozszerzaniu się jednostajném metalów.

a) Termometr podług Holzmanna (fig. 19.) składa się z obrączki, utworzonéj z dwóch pierścieni, z których zewnętrzny jest stalowy, a wewnętrzny mosiężny. Obrączka ta nie tworzy koła zamkniętego, część jéj jest bowiem wycięta. Jeden koniec przytwierdzamy do puszki, przypominającéj kształtem zegarek kieszonkowy, a drugi koniec wolny łączymy zapomocą koła zazębionego ze wskazówką, która porusza się na tarczy i wskazuje stopnie temperatury. Z powodu, iż stal rozszerza się słabiéj, niż spojony z nią

pasek mosiężny, zwija się obrączka w mocniejszy kabłąk podczas ogrzewania, a wyprostowuje się nieco podczas oziębienia. Każdorazowe wygięcie powoduje odpowiedny obrót wskazówki.

Fig. 20.



b) Termometr pomysłu Bregueta (fig. 20.) odznacza się bardzo wielką czułością. Jestto sprężynka, skręcona w linią śrubową, a utworzona z trzech pasków, ze sobą spojonych. Zewnętrzny pasek jest ze srébra, wewnętrzny z platyny, a w środku między nimi leży pasek złoty. Górny koniec téj sprężynki przytwierdzony do słupka, dolny zaś koniec dotyka wskazówki, która na podziałce podstawionéj temperaturę wskazuje. Ogrzana sprężynka skręca się, a oziębiona rozkręca się i powoduje stosowny ruch wskazówki.

3. Ciała niekrystaliczne i krystalizujące w układzie równoosiowym rozszerzają się wzdłuż, wszerz i wysokość jednakowo. Kryształy innych układów rozszerzają się w kierunkach różnych osi rozmaicie. Np. kalcyt podczas ogrzania wydłuża się bardziéj w kierunku osi głównéj, a mniéj w każdym innym kierunku.

4. Jedno i tosamo ciało może mieć ped pewnymi warunkami rozmaite rozszerzalniki, np. żelazo w kształcie sztabki ma inny rozszerzalnik, aniżeli w kształcie drutu, lub w kształcie wałkowanéj sztaby.

5. Ciecze mają najczęściéj większe rozszerzalniki, aniżeli ciała stałe, przyczém rozszerzają się niejednostajnie (z wyjątkiem rtęci).

6. Gazy mają największy rozszerzalnik i to prawie dla wszystkich gazów jednakowy; wynosi on przy ogrzaniu do 100° C. $\frac{1}{273}$ część pierwotnéj objętości gazu.

Oznaczenie rozszerzalnika cieczy i gazów połączone jest z wielu trudnościami. Najważniejszą z nich jest ta, że naczynie, w którém się mieści płyn lub gaz badany, rozszerza się podczas ogrzewania. Ciecz o tyle podnosi się w rurce, np. termometrowéj, o ile mocniéj się rozszerza od rurki szklanéj.

Gdyby rozszerzalnik cieczy i rurki był jednakowy, nie moglibyśmy dostrzec rozszerzenia cieczy. Dlaczego?

Zastosowanie rozszerzalności ciał. Kotły parowe i wszelkie inne kotły nie powinny być szczelnie obmurowane, żeby się podczas ogrzewania mogły swobodnie rozszerzać. Szyny na kolejach żelaznych nie powinny do siebie bezpośrednio przypierać; rury, przewodzące parę wodną, gaz świetlny lub wodę, muszą jedna w drugą tak być wpu-

szczone, żeby pomimo szczelnego zamknięcia cokolwiek rozsuwać się mogły.

Siła, z jaką metale rozszerzają się lub ściągają, jest bardzo wielką, i można ją w wieloraki zużytkować sposób: Na koła lub beczki nabija kowal obręcze żelazne, ogrzane do czerwoności; żelazo, ściągając się następnie podczas stygnięcia, ściska potém mocno dzwona.

Ciała o rozmaitym rozszerzalniku, spojone ze sobą, odrywają się po ogrzaniu. Na tém polega wysadzanie gwoździ przez wielkie gorąco z łat drewnianych, do których przybite są blachy na dachach; blacha bowiem, rozszerzając się bardziéj niż drzewo, paczy się, odstaje od drzewa i wyciąga gwoździe. Dla téj saméj przyczyny pękają meble, których części składają się z różnych gatunków drzewa, razem ze sobą sklejonych.

§. 50. Zmiana objętości wody pod wpływem ciepła. Rurkę termometrową, opatrzoną na końcu dużą kulką, napełniam wodą i ogrzewam do 100° C. Słupek wody wznosi się w rurce w téj chwili do pewnéj wysokości, którą oznaczam kréseczką. Następnie oziębiam zwolna rurkę i widzę, iż słupek wody maleje, tak jak tego ogólne prawo wymaga. Dzieje się to aż do téj chwili, w któréj woda, w rurce zawarta, dosięgnie + 4° C. Miejsce, dokąd teraz sięga słupek wody, oznaczam także kréseczką. Odtąd woda, oziębiana daléj, rozszerzać się poczyna tak, że objętość przy 0° równa się prawie owéj, jaką woda posiadała przy + 8° C., a rozszerzenie w chwili marznięcia jest tak znaczne, iż objętość lodu przy 0° C. jest większą od objętości wody przy + 100° C. Tak gwałtownego rozszerzenia się wody rurka wytrzymać nie może i pęka.

Z tego doświadczenia widzimy, iż:

1) Woda jest posłuszną ogólnemu prawu od 100° aż do + 4° C., to znaczy, że podczas oziębiania, ściąga się i powiększa przytém swą gęstość. Poniżéj + 4° C. rozszérza się i posiada témsamém już mniejszą gęstość, aniżeli przy + 4° C.

2) Woda posiada najmniejszą objętość a największą gęstość przy + 4° C.

Zachowanie to wody ma wielkie znaczenie w saméj przyrodzie. Głębokie i spokojnie płynące wody posiadają przez całą zimę na dnie temperaturę + 4° C., lub nie o wiele od niéj niższą. Cząsteczki wody na powierzchni, oziębione do + 4° C., opadają bowiem jako najcięższe na spód, nie mogą następnie brać udziału w dalszém oziębianiu, odbywającém się na powierzchni wody, gdyż woda ma tę własność, że nie udziela dobrze ani ogrzania ani oziębienia. Utworzona dalszém oziębianiem warstwa lodu, pływająca jako lżejsza na powierzchni wód, przeszkadza także dalszemu udzielaniu się zimna w głąb wody i umożliwia istnienie zwierząt, jak: ryb, raków i t. p.

Jeśli woda szybko i niespokojnie płynie, natenczas miesza się woda gęstsza i cieplejsza, płynąca dołem, z wodą zimniejszą w górze. Krzepnące cząstki na dole podnoszą się pokruszone w górę i zbijają się tam w gęstą kaszowatą masę, która na większym mrozie następnie zamarza.

Lody pływające wychylają się pewną ($\frac{1}{10}$) częścią z wody, mogą zatém dźwigać na sobie przedmioty inne, jak skały, zwierzęta i t. d.; 10 kilogramów lodu uniesie bowiem bez zatonięcia 1 kilogram obciążenia.

Nagłe zwiększenie objętości wody podczas marznięcia jest powodem rozsadzania skał, których szczeliny woda wypełnia. W ten sposób przyczynia się woda do przysporzenia nam ziemi, przydatnéj pod uprawę. Grunt, zaorany pod zimę, staje się pulchniejszym skutkiem działania wody marznącéj, zawartéj w grudach.

Dlaczego pękają w zimie flaszki i beczki, wodą napełnione? Dlaczego po znacznym przymrozku na wiosnę i w jesieni giną rośliny soczyste?

Z jaką ogromną siłą rozszerza się marznąca woda, a następnie lód daléj oziębiany, można urobić sobie pojęcie z następującego doświadczenia. Major William Quebeck napełnił wodą dwie bomby: otwór w jednéj bombie zatkał gładkim czopkiem żelaznym, drugą zaś mocno zaśrubował. Następnie wystawił je na mróz 28 stopniowy (— 28° C.). W chwili, kiedy woda skrzepła wewnątrz obu bomb, wytrącił rozszerzający się lód gładki czopek z ogromnym trzaskiem na wysokość 110^m. Druga, zaśrubowana bomba pękła pod naciskiem rozszerzającego się lodu.

Podobnie do wody zachowuje się i wiele innych cieczy, a nawet niektóre ciała stałe; tak np. żelazo i bizmut rozszerzają się w czasie krzepnięcia.

C. Wpływ ciepła na zmianę stanu skupienia ciał.

§. 51. Topnienie i ciepło topliwości. I. Mam tu kawałek lodu, którego temperatura, oznaczona zapomocą termometru, wynosi — 10° C. Po niejakim czasie spostrzegam, iż lód ogrzał się nieco, gdyż termometr wskazuje 0° C.

W téj chwili podsuwam pod czareczkę z lodem lampkę spirytusową i ogrzewam daléj. Termometr wskazuje nieustannie 0° C., lód zatém nie ogrzewa się daléj, pomimo że płomyk wiele ciepła dosyła lodowi. Następuje atoli zmiana samego lodu: — z ciała stałego zamienia się on w płyn czyli topnieje. Dopiéro, gdy się stopi ostatnia reszta lodu, rośnie i temperatura wody ponad zero. Cynę można w podobny sposób ogrzać do + 230°, od téjże chwili temperatura pomimo ogrzewania nie podnosi się, a cyna topnieje.

1. Każde ciało stałe można ogrzać tylko do pewnego, każdemu ciału właściwego, stopnia. Gdy ten stopień ciało osiągnie, ciepło

daléj dosyłane nie powoduje podniesienia temperatury, lecz przemianę ciała ze stanu stałego na płynny.

Temperatura, przy któréj ciało jakieś topnieć poczyna, zowiemy temperaturą topliwości, albo punktem topnienia tego ciała.

2. Punkt topnienia różnych ciał stałych jest różny, lecz jedno i tosamo ciało przechodzi ze stanu stałego w płynny zawsze przy jednym i tymsamym punkcie topnienia, jeśli tylko towarzyszące okoliczności nie zmieniły się podczas topnienia.

3. Temperatura topliwości zostaje niezmienną tak długo, dopóki ciało zupełnie nie stopnieje; dlatego dopiéro po zupełnéj zamianie na ciecz może podnosić się temperatura ciała stosownie do ilości ciepła, daléj dostarczanego.

Punkt topnienia wynosi u rtęci — 39° C., u łoju + 33°, siarki 111°, cyny 230°, ołowiu 330°, cynku 330°, srébra 1.000°, miedzi 1.100°, żelaza lanego 1.050°, złota 1.200°, stali 1.300 — 1.400°, żelaza kutego angielskiego 1.600°, u platyny 1.700° C.

II. Z doświadczenia powyżéj opisanego widzimy daléj, że woda, mająca 0° C., posiada nierównie więcéj w sobie ciepła, niż lód przy 0° C., jakkolwiek oba ciała mają tęsamę temperaturę.

Od chwili bowiem, kiedy lód uzyskał 0° C., udzielała lampka nieustannie ciepła; ciepło to atoli nie podnosiło temperatury lodu, lecz porozrywało cząstki ciała, silnie ze sobą zespojone, i utworzyło płyn z ciała stałego.

Ciepło, które zamienia ciało stałe o pewnéj temperaturze w płynne o téjsaméj temperaturze, zowie się ciepłem ciekłości tego ciała.

Ciepło ciekłości nazywano dawniéj ciepłem utajoném, gdyż nie można było wykryć tego ciepła zapomocą termometru.

Ciepło ciekłości danego płynu można oznaczyć zapomocą doświadczenia. W tym celu biorę 1 Kg. wody, mającéj 79° C., i wrzucam do niéj 1 Kg. lodu, mającego 0° C. Po niejakim czasie spostrzegę 2 Kg. wody, o temperaturze 0° C. Cóż się zatém stało? Oto 1 Kg. lodu, mający temperaturę 0° C., był już przy punkcie topnienia, aby się jednak rzeczywiście stopić, potrzebował ciepła topliwości; ciepła tego dostarczyła woda, mająca 79° C. Ponieważ wszystka woda ma obecnie 0° C., zabrał lód 79 kaloryj ciepłéj wodzie i zużył je na przemianę lodu w ciało płynne. Kilogram lodu przy 0° C. potrzebuje 79° kaloryi, aby zamienić się na płynną wodę o téjsaméj temperaturze. Ciepło ciekłości wody wynosi zatém 79 kaloryi.

Co ma w sobie więcéj ciepła, czy 1 Kg. lodu przy 0° C., czy 1 Kg. wody przy 0° C.? Które z tych obu ciał jest cieplejsze od drugiego?

Woda, np. przy 10° C., ma w sobie dwojakie ciepło: ciepło ciekłości i ciepło, które ogrzało wodę od 0° C. do 10° C.? Ile ciepła mają w sobie 4 Kg. wody przy 10° C.?

Ciepło topliwości ołowiu wynosi 5 kaloryi, cyny 14 kaloryi, cynku 28 kaloryi, srébra 21 kaloryi.

Ile wynosi ciepło topliwości 4 Kg. srébra, 10 Kg. cynku, 16·75 Kg. cyny? Ile ciepła zawierają w sobie 2 Kg. cyny przy 260° C., 5 Kg. cynku przy 400° C., 1·5 Kg. srébra przy 1.080° C.?

III. Do szklanki wody, mającéj 13° C., wrzucam kawałek cukru, i staram się zapomocą mieszania, aby się szybko w niéj rozpuścił. Po rozpuszczeniu cukru mierzę ponownie temperaturę i spostrzegam, iż ma nieco więcéj, niż 12° C. Woda zatém oziębiła się prawie o jeden stopień. To obniżenie temperatury wody cukrowéj należy także przypisać zużyciu ciepła, potrzebnego na rozerwanie cząstek cukru.

Ile razy ciało jakieś rozpuścimy w płynie, tyle razy zużyje się na to pewna ilość ciepła. Tego ciepła dostarcza sam płyn, dlatego się oziębia.

Z tego zachowania się niektórych ciał korzystamy przy tak zwanych mieszaninach oziębiających, ważnych w użyciu praktycznem. Mieszanina np. równych ilości śniegu topniejącego i soli kuchennéj zniży swą temperaturę z 0° na — 18° C.

Co robią w lecie cukiernicy z kawałkami lodu podczas zamrażania sztucznych lodów?

§. 52. Krzepnienie płynów. Tak jak ciało stałe można ogrzewać tylko do pewnéj temperatury, tak też odwrotnie temperaturę płynu można obniżać tylko do pewnego punktu, po za którym dalsze oziębianie spowoduje przemianę stanu płynnego w stały. Temperaturę, przy któréj ta przemiana odbywać się poczyna, zowiemy temperaturą krzepnienia, albo punktem krzepnienia. Temperatura, krzepnienia i punkt topliwości są jednakowe dla pewnego ciała, to znaczy: *ciało przechodzi przy téjsamej temperaturze ze stanu płynnego w stały, przy któréj się zamieniło ze stanu stałego w płynny.*

Podczas krzepnienia ciała wracają cząstki w położenie, właściwe ciałom stałym w téj temperaturze, a ciepło topliwości wydziela się z płynu. W chwili krzepnienia ogrzewają się tém ciepłem otaczające przedmioty, co nietrudno wykryć zapomocą czułego termometru.

Ciepło topliwości, wydzielone z krzepnącego płynu, zwano dlatego dawniéj ciepłem uwolnioném.

Wieśniacy zabezpieczają kartofle w piwnicach przed zmarznięciem w ten sposób, iż stawiają w kilku miejscach w piwnicy naczynia z wodą. Podczas mrozu zamarza przy 0° C. woda i wydziela przytém ciepło topliwości, które ogrzewa całe miejsce i chroni w ten sposób kartofle. — Okolice nadbrzeżne mają łagodne zimy, gdyż wskutek zamarzania wielkich powierzchni wód, uwalnia się ciepło topliwości i łagodzi większe mrozy.

§. 53. Ulatnianie się cieczy, wrzenie. I. Szerokie naczyńko szklane, napełnione wodą, stawiam na miejscu spokojném i zaznaczam kréseczką, dokąd sięga woda w naczyńku. Na drugi dzień dostrzegę, iż ubyło wody, a po kilku dniach pozostanie jéj nieco tylko na dnie naczynia. Ponieważ naczynia nikt przez ten czas nie ruszał, a nadto wiem z pewnością, iż jéj nie nadebrano, więc domyślam się, iż musiała ujść w formie drobniutkich, dla oka niewidomych cząstek w powietrze otaczające.

Uchodzenie z wody banieczek wodnych w zwykłéj temperaturze, nazywamy parowaniem.

Doświadczenia wykazały, iż parowanie odbywa się tylko na powierzchni wody, i to tém raźniéj, im większa jest powierzchnia cieczy i im wyższą jest temperatura cieczy.

Lód paruje także, gdyż wiemy z życia codziennego, iż bielizna, mokro zawieszona na strychu, w czasie wielkich nawet mrozów wysycha w stosunkowo krótkim czasie. To wyschnięcie nastąpiło wskutek parowania w temperaturze poniżéj zera.

Wszelkie wysychanie przedmiotów w zwykłéj temperaturze odbywa się wskutek parowania.

II. Jeśli pod tosamo naczyńko, napełnione wodą o temperaturze 0° C., podstawimy płomyk lampki, przekonamy się zapomocą termometru, w wodzie zanurzonego, iż woda rzeczywiście się ogrzéwa. To ogrzéwanie dokonywa się nieustannie, aż dopóki woda nie osiągnie temperatury 100° C. W téj chwili uderzają nas dwa zjawiska: Ciecz poczyna burzyć się i fałdować na swéj powierzchni, małe bąbelki wydobywają się ze środka cieczy na powierzchnię i powodują syk i warczenie cieczy, a cząstki drobniutkie wody uchodzą w powietrze jako para. Ruch ten cieczy, połączony ze znaczném wydzieleniem pary, zowiemy wrzeniem. Spostrzegamy nadto, że termometr wskazuje nieustannie 100° C., pomimo, że płomyk daléj udziela cieczy ciepła.

1. Temperaturę, przy któréj uchodzi para nietylko z powierzchni, ale i z wewnątrz cieczy, zowiemy punktem wrzenia lub kipienia

2. Podczas wrzenia jakiéjś cieczy pozostaje temperatura wrzenia niezmienną, a wszelkie ciepło, udzielane teraz cieczy, zużywa się na rozerwanie cząstek cieczy i na zamienienie ich w parę.

3. Ciepło, powodujące przemianę cieczy o pewnéj temperaturze na parę o téjsaméj temperaturze, zowiemy ciepłem lotności pary.

Ciepła lotności nie można wykryć termometrem, zwano je dlatego ciepłem uwięzionem.

Ciepło lotności pary wodnéj jest zatém owo ciepło, które zamieniło wodę o 100° C. na parę o 100° C. Punkt wrzenia zależy od przyrody cieczy.

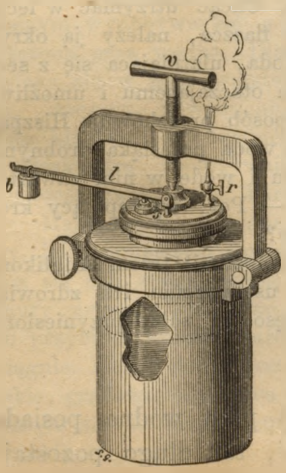
Rtęć kipi w temperaturze + 350° C., nafta przy + 106° C., woda przy + 100° C., wyskok przy + 78° C., eter przy + 35° C., a kwas siarkawy w temperaturze — 10° C.

III. Jakkolwiek przyroda cieczy wpływa przeważnie na jéj punkt wrzenia, uczą doświadczenia, że niektóre inne okoliczności mogą podwyższyć lub obniżyć temperaturę wrzenia, a mianowicie:

1) Na punkt wrzenia wpływa ciśnienie, wywierane na powierzchnię cieczy.

Jeśli ciśnienie jest większe od zwykłego, natenczas trudniéj wydobyć się na powierzchnię cząstkom, wewnątrz cieczy zawartym: ciecz potrzebuje większéj ilości ciepła, aby wrzenie spowodować. Przekonać się o tém można podczas wrzenia wody w kotłach parowych, szczelnie zamkniętych. W nich bowiem para, nie mogąc ujść w powietrze, zagęszcza się i ciśnie znacznie na powierzchnię reszty wody. Kipienie ustaje, a ponawia się dopiero wtedy, kiedy temperatura podniesie się ponad sto stopni. W kociołku Papina (fig. 21.), także szczelnie zamkniętym, może woda zakipieć dopiéro przy 100° C. i więcéj. Jeśli para w kociołku zamknięta wywiéra tak wielkie ciśnienie, że grozi rozsadzeniem kociołka, natenczas otwiéra sobie klapę bezpieczeństwa *s*, przytrzymywaną ciężarkiem *b*, i uchodzi w powietrze. — Odwrotnie, jeśli ciśnienie jest mniejsze od zwykłego, może ciecz kipieć już przy niższéj temperaturze. Pod kloszem, z którego powietrze wydalono, kipi woda w temperaturze około 50° C. Na wysokich górach powie-

Fig. 21.



trze jest rzadsze, niż w nizinach, dlatego też wywiera i mniejsze ciśnienie i tam kipi woda poniżej 100° C. Na szczycie Chimborasso kipi woda przy 77° C., na górze Montblanc przy 85° C., na górze św. Bernharda w temperaturze 92° C.

Fig. 22.

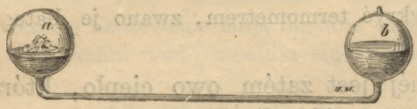


Figura 22. przedstawia naczyńko szklane, wyskokiem zabarwionym napełnione (parownik wyskokowy), z którego przed zalutowaniem wydalono powietrze. Wyskok kipi w tém naczyńku już w temperaturze, jaką ręka posiada.

2) *Ciecz, w któréj ciało stałe jest rozpuszczone, kipi w wyższéj temperaturze od punktu wrzenia czystéj cieczy.* N. p. Woda, w któréj sól kuchenną rozpuszczono, kipi przy 108° C.

Punkt wrzenia tłuszczów jest wyższy, aniżeli wody, dlatego potrawy (mięso) prędzéj się ugotują w maśle lub smalcu, aniżeli w wodzie.

IV. Ile razy woda zamienia się w parę, czy to w zwykłéj temperaturze, czy w chwili wrzenia, zawsze potrzebuje do tego ciepła lotności. Jeśli ciecz paruje w zwykłéj temperaturze, natenczas zabiera potrzebne dla siebie ciepło lotności reszcie wody, odbiéra je także naczyniu, w którém woda się znajduje, i wreszcie odbiéra je otaczającemu powietrzu. Dowodem tego jest zjawisko, że ilekroć razy woda szybko paruje, tylekroć razy oziębiają się otaczające przedmioty.

Po skropieniu obfitém ulic ochładza się powietrze. W skwarnym dniu letnim powstaje po deszczu nawalnym miły i orzeźwiający chłód. Okolice nadbrzeżne nie mają wielkich upałów, gdyż parujące wody zabiérają wiele ciepła powietrzu i ochładzają je. Chcąc utrzymać w lecie chłodną wodę do picia przez kilka godzin we flaszce, należy ją okryć zwilżoną serwetą i postawić na przeciągu. Woda, ulatniająca się z serwety, zabierze ciepło lotności flaszce i powietrzu otaczającemu i umożliwi żądane zachowanie zimnéj wody. W podobny sposób przechowują Hiszpanie wodę w porowatych dzbanach, przez które woda przesiąka drobnymi kropelkami, a ulatniając się tu, ochładza dzban i wodę w nim zawartą. Czujemy chłód po użyciu kąpieli. Dlaczego? — Pot, występujący kroplami na twarzy, ochładza człowieka. Dlaczego?

Pot ulatniający się z powierzchni ciała umożliwił trzem Anglikom pobyt w komorze, ogrzanéj do 120° C., bez uszkodzenia ich zdrowia. W kilku minutach upiekli w téj komorze mięso ze sobą przyniesione i wyszli z niém zdrowi na zewnątrz.

§. 54. Skroplenie pary. Jak długo para wodna posiada temperaturę wrzenia, lub wyższą od niéj, tak długo pozostaje

zupełnie przezroczystą; skoro jednak oziębimy tę parę, następuje zagęszczenie cząstek pary i wtedy przybiéra ona barwę szarą, skraplając się częściowo. Jeżeli bańkę szklaną (fig. 23.), napełnioną parą wodną o temperaturze 100° C., zatkamy korkiem, a następnie puszczać będziemy na nią po kropelce zimnéj wody, któréj temperatura wynosi n. p. 10° C., natenczas spostrzeżemy, iż para wewnątrz bańki skropli się wkrótce wskutek oziębienia, a woda posiadać będzie 100° C. Zapomocą polewania odebrałem parze wodnéj ciepło lotności i zmusiłem témsamém do przemiany pary wodnéj na ciecz. Uwolnione ciepło lotności ogrzało wodę, z bańki spływającą, gdyż posiada ona obecnie temperaturę wyższą od 10° C.

Fig. 23.

Parę można skroplić zapomocą oziębienia, przez co się uwalnia ciepło lotności pary.

Z garnków, w których kipi woda, wydobywa się zagęszczona i bliska skroplenia para wodna. Dlaczego? Para wodna przezroczysta, wypełniająca kuchnię, staje się nieprzezroczystą, skoro drzwi na zewnątrz w zimie otworzymy, przez które szarym słupem na dwór uchodzi. W dniu mroźnym wydobywa się z ust ludzi i zwierząt podczas oddychania zagęszczona para wodna. Dlaczego? Flaszka, wodą studzienną napełniona, powleka się w lecie warstewką wody na zewnątrz. Dlaczego? Wilgotne łąki, moczary, powierzchnie wód w stawach i rzékach, powlekają się często kłębami pary wodnéj, gdyż powietrze, oziębione przymrozkami zagęszcza parę, wydobywającą się z powierzchni wód, i doprowadza do częściowego skroplenia. Pary takie zagęszczone zowiemy także m g ł ą.

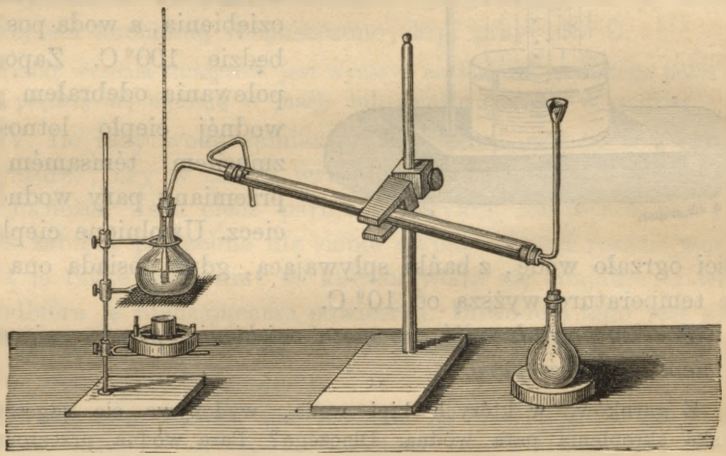
Mgła opada na ziemię, jeśli się bardziéj oziębi, albo wznosi się do góry, jeśli cieplejszym powiewem wiatru zostanie rozrzedzoną. Mgła, unosząca się nad ziemią w znacznéj wysokości, zowie się c h m u r ą. Kształt chmury zarysowuje się ostro na niebie, jeśli zajmuje mniejszą przestrzeń, albo przybiéra kształt szaréj prawie jednolitéj powłoki, jeśli całe niebo zaciągnie. Kolor chmur jest rozmaity; chmury gromowe są ciemno niebieskie, gradowe — rdzawo szare, deszczowe — jednolicie szare. Chmury, unoszące się w bardzo znacznéj wysokości, są barwy srebrzysto białéj (baranki).

Para wodna, unosząca się w powietrzu, jeśli się styka z zimnymi przedmiotami, skrapla się na nich i osadza w postaci małych kuleczek, zwanych rosą. Jeśli nastąpi obniżenie temperatury poniżéj 0° C., osiadają zamiast rosy, skrzepłe igiełki na oziębionych przedmiotach (szron).

Z chmury opadająca skroplona woda zowie się deszczem. Skroplenie powoduje tam nagły powiew zimnego wiatru, albo wejście chmury, pędzonéj ciepłym wiatrem, w przestrzeń znacznie oziębioną. Jeśli temperatura baniek wodnych, tworzących chmurę, opadnie poniżéj zera, wtedy spadają krupy, a jeśli te krupy osłonią się powłoką lodową, natenczas opadają na ziemię w postaci gradu.

Ze skraplania pary korzystamy przy tak zwanéj destylacyi, która służy do tego, aby wodę lub jaki inny płyn oczyścić z domieszek. W tym celu napełniamy bańkę szklaną (fig. 24.)

Fig. 24.



np. wodą studzienną, w któréj wiele innych ciał jest rozpuszczonych, i ogrzewamy aż do punktu wrzenia. Para wodna przechodzi w temperaturze 100° C. wąską rurką, którą zimna woda otacza, skrapla się tam i spływa do podstawionéj flaszeczki. Inne domieszki ulatniają się przy znacznie wyższéj temperaturze, dlatego w ciepłocie 100° C. pozostają w reszcie nieprzekroplonéj wody. Ponieważ woda, otaczająca rurkę, w któréj para wodna ma się skroplić, sama się ogrzéwa uwolnioném ciepłem lotności, przeto należy ciepłą wodę odświeżyć inną zimniejszą, którą wlewamy od czasu do czasu wysokim lejkiem; woda ciepła odpływa rurką zakrzywioną. Zwykle destylują wodę w przyrządzie, przedstawionym na fig. 12. str. 41.

Zapomocą destylacyi czyli przekroplenia można oddzielić spirytus od wody; spirytus bowiem przechodzi w parę już przy + 78° C., a w téj temperaturze nie kipi jeszcze woda, dlatego pozostanie w bańce.

Doświadczenie poucza nas, że do skroplenia pary przyczynia się także w wysokim stopniu i ciśnienie, jakie na parę równocześnie wywieramy. Jeśli wraz z oziębieniem zastosujemy i ciśnienie na daną parę, to pomagamy jéj do tém szybszego zgęszczenia, które powoduje skroplenie. Tak postępując można wszelkie gazy, jak tlen, wodór, azot, powietrze atmosferyczne, skroplić, t. j. zamienić w ciecz. Ciśnienie musi być przytém bardzo wielkie, a oziębienie sięgać do — 150° C.

Rozchodzenie się ciepła w przestrzeni.

§. 55. Ciepło przewodzone. Jeśli jeden koniec pręta żelaznego włożę do rozżarzonych węgli, a drugi koniec zatrzymam w ręce, przekonam się, iż pręt w krótkim czasie będzie na tym końcu, który mam w ręce, tak gorący, że się poparzyć mogę. Pręt żelazny ma tę własność, iż łatwo się ogrzewa, a ogrzany na jednym końcu, szybko przeprowadza to ciepło aż na drugi swój koniec. Pręt drewniany okazuje wprost przeciwne zachowanie: na jednym końcu palić się będzie, a na drugim końcu nie uczujemy śladu ciepła.

Ciała, które szybko się ogrzewają, a ogrzane na jedném miejscu, rozprowadzają szybko to ciepło po całém ciele, zowiemy dobrymi przewodnikami ciepła.

Do dobrych przewodników należą przedewszystkiém metale. Pierwsze miejsce między nimi zajmuje srébro i miedź; wiele minerałów (rud) przewodzą dobrze ciepło.

Ciała, które pomału się ogrzewają, a ogrzane na jedném miejscu, rozprowadzają ciepło z trudnością i tylko nieznacznie po całém ciele, zowiemy złymi przewodnikami ciepła.

Do złych przewodników należą przedewszystkiém ciała dziurkowate, jak śnieg, słoma, pierze, wełna, suche drzewo i węgiel; szkło, róg, kauczuk i t. d.

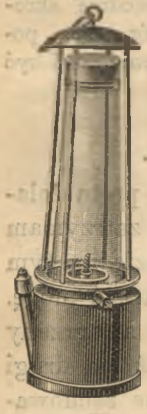
Ciepło, przechodzące z jednego ciała w drugie przy bezpośredniém ich zetknięciu, albo z jednéj cząstki ciała jakiegoś na cząstki sąsiednie tegosamego ciała, zowiemy ciepłem przewodzoném albo udzieloném.

Przewodzenie ciepła z jednego ciała w drugie istnieje tak długo, dopóki oba ciała nie uzyskają téjsaméj temperatury. Ciało gorętsze udziela ciepła, ciało zimniejsze pochłania ciepło.

Przewodzenie ciepła kilku ciał można porównać sposobem następującym: do sztabek jednakowych, n. p. z miedzi, żelaza, drzewa, przyklejam w równych odstępach kulki woskowe równéj objętości i zbliżam jeden koniec każdéj sztabki do płomyka lampki wyskokowéj. Ciepło udzielone przejdzie najprędzéj po miedzi, dlatego wszystkie kulki w krótkim czasie spadną; późniéj nieco odpadną kulki, przyczepione do pręta żela-

znego, a na pręcie drewnianym odpadnie tylko pierwsza, po dłuższym czasie druga, a inne pozostaną przytwierdzone.

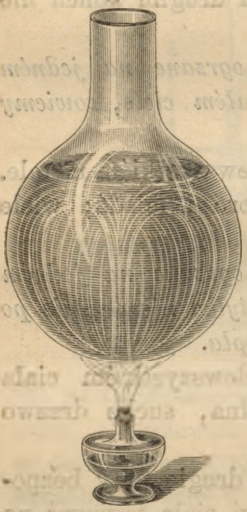
Fig. 25.



Dobre przewodniki szybko ciepło przyjmują, ale też i szybko je oddają. Jeżeli siatką drucianą otoczymy płomyk lampki, to ta siatka tak szybko udzielać (rozpraszać) będzie ciepło powietrzu otaczającemu, iż gazy palne, zetknięte z taką lampką, nie zdołają się zapalić. Na téj zasadzie zbudował Davy swoję lampkę bezpieczeństwa (fig. 25.), która ochrania górników w kopalniach przed niebezpieczeństwem zapalenia gazów wybuchowych, przypadkowo tam nagromadzonych.

§. 56. Przewodzenie ciepła w cieczach. Ogrzewam dość wysokie naczynie (fig. 26.), napełnione wodą, w któréj pływają cząstki pokruszonego bursztynu, albo trociny z miękkiego drzewa. Po niejakim czasie spostrzegamy, iż trociny, nad dnem pływające, podnoszą się w środku naczynia pionowo w górę ku powierzchni cieczy, a trociny na powierzchni blisko ścian opadają pionowo w dół. Ruch ten trocin świadczy, iż woda, ogrzana w pobliżu dna, podnosi się jako lżejsza w górę i unosi ze sobą trociny w niéj pływające, zimna zaś woda, a więc cięższa (gęstsza), na powierzchni, opada blisko ścian w dół i porywa ze sobą trociny. Ruch ten ustanie, skoro oddalimy płomyk lampki z pod naczynia. Ciepło w tym przypadku nie udziela się od cząstki do cząstki wody, lecz powoduje raz ruch cieczy ogrzanéj w kierunku od źródła ciepła, a powtórnie równoczesny ruch wody zimnéj ku źródłu ciepła. Ruch ten kołowy cieczy zowiemy prądem cieczy.

Fig. 26.

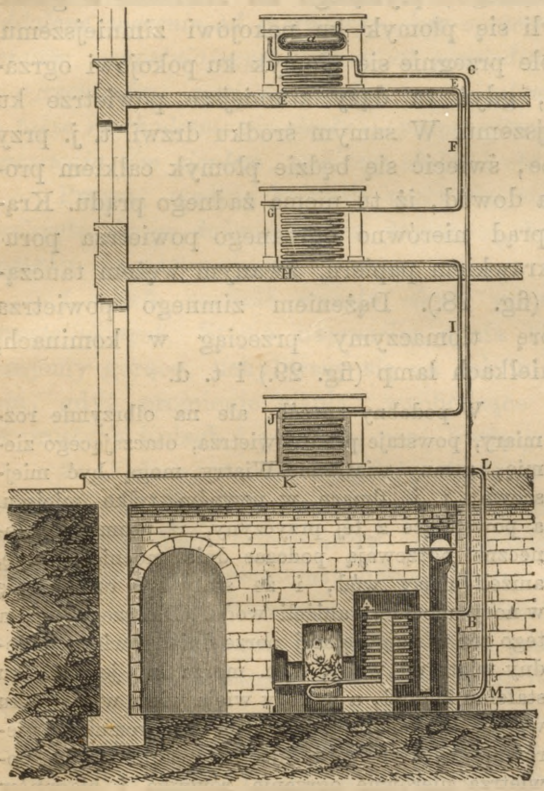


Ciecz w całém naczyniu ogrzéwa się zatém skutkiem tego prądu, przez nieustanne mieszanie.

Taki prąd obserwowaliśmy w stawach i wodach spokojnie płynących podczas zamarzania. Takie prądy istnieją we wielkich morzach w kierunku poziomym. Woda cieplejsza w morzu z pod równika, dąży górą ku biegunom na obu półkulach ziemi, a zimniejsza, z okolic podbiegunowych, płynie spodem ku równikowi, gdzie się ogrzewa i podchodzi do góry, skąd znowu płynie ku biegunom.

Na podstawie téj własności wody ogrzewają tu i owdzie pomieszkania ciepłą wodą. W kotle rurowym *A* (fig. 27.), umieszczonym w piwnicy, ogrzewamy wodę. Woda ogrzana podchodzi rurą *BCD* aż do kotła *a*, położonego na najwyższém piątrze, skąd dostaje się rurami *EFG*, *HIJ* do wszystkich pieców, rozmieszczonych w poszczególnych pomieszkaniach. Ostatni piec na dole komunikuje z kotłem w piwnicy zapomocą rury *KLM*. Przed rozpoczęciem ogrzewania musi być kocioł *A* na dole i *a* na górze wraz z wszystkimi rurami zupełnie wypełniony wodą. Gorąca woda dąży następnie rurą *B* do góry, a zstępując od pieców *D*, *G* i *J* rurami, idącymi na dół, wchodzi do kotła *A* otworem, koło dna umieszczonym, gdzie się ponownie ogrzewa i daléj kołowanie rozpoczyna. —

Fig. 27.



Że woda ogrzewa się jedynie tylko zapomocą ruchu saméj cieczy, przekonywuje nas następujące doświadczenie: naczynie blaszane bardzo wysokie wypełniamy wodą. Część naczynia blisko dna obkładamy lodem, górną część ogrzewamy żarzącymi węglami. Przed rozpoczęciem ogrzewania wrzucam do naczynia kawałek lodu, obciążony kulą żelazną, aby na dnie spoczywał. W krótkim czasie woda, z góry ogrzewana, zakipi przy powierzchni, a po dłuższym czasie tego wrzenia, możemy wyjąć lód z naczynia i przekonamy się, że nie o wiele się nadtopił, gdyż woda z góry ogrzewana nie przepuszcza ciepła w dół. Woda jest zatém bardzo złym przewodnikiem ciepła. Dlaczego przy takiém ogrzewaniu wody nie można wywołać prądu kołowego?

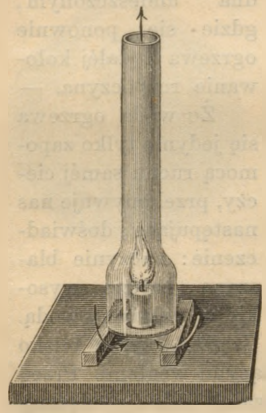
§. 57. Przewodzenie ciepła w gazach. Podobny ruch kołowy cząstek, jak u cieczy, powstaje podczas ogrzewania powietrza i innych gazów. Jeśli dwa słupy prostopadłe niejednakowo ogrzanego powietrza zetkną się ze sobą, natenczas płynie powie-

trze zimne dołem ku cieplejszemu, a ciepłe górą ku zimniejszemu. We środku obu słupów panuje równowaga cząstek na powierzchni zetknięcia. Przekonać się o tém można zapomocą płomyka świécy, ustawionéj w drzwiach nieco przymkniętych między dwoma niejednakowo ogrzanymi pokojami. Pod wpływem prądu powietrza cieplejszego, płynącego ku zimnemu w górze, pochyli się płomyk ku pokojowi zimniejszemu.

Fig 28.

Na dole przegnie się płomyk ku pokojowi ogrzanemu, gdyż tu dąży zimniejsze powietrze ku cieplejszemu. W samym środku drzwi, t. j. przy klamce, świecić się będzie płomyk całkiem prosto na dowód, iż tu niema żadnego prądu. Krążący prąd nierówno ogrzanego powietrza porusza skrawkiem papieru, zwanym wężem tańczącym (fig. 28.). Dążeniem zimnego powietrza w górę tłómaczymy przeciąg w kominach, w szkiełkach lamp (fig. 29.) i t. d.

Fig. 29.



W podobny sposób, ale na olbrzymie rozmiary, powstaje prąd powietrza, otaczającego ziemię, zwany wiatrem. Wiatry mogą być miejscowe, t. j. dmące w pewném tylko miejscu, a powstające z téj przyczyny, iż promienie słoneczne ogrzewają podczas dnia mocniéj ziemię, aniżeli masy wód, i że stały ląd oziębia się w nocy mocniéj, aniżeli woda. (Dla czego?). Dla tego też w najgorętszéj porze dnia powiewa chłodny wiatr od wody, n. p. morza lub jeziora, ku stałemu lądowi, a w nocy wieje wiatr w kierunku wprost tamtemu przeciwnym. Na rozmiary nierównie większe wywołuje kołowanie prądu powietrza nierówne ogrzanie równika i biegunów ziemskich. W pasie równikowym wznosi się do góry powietrze ogrzane, a następnie oziębione w zimniejszych strefach opada na dół; równocześnie płynie dołem w te miejsca powietrze zimniejsze, które, ogrzane przy równiku, wznosi się w górę. Jak z tego widzimy, powstają na każdéj półkuli ziemi dwa prądy powietrzne, z których jeden, zimny pasat biegunowy, płynie dołem od bieguna ku równikowi, a drugi, ciepły pasat równikowy, dąży w warstwach górnych powietrza od równika ku biegunowi.

§. 58. Ciepło promieniowane. Trzymając rękę w pewnéj odległości od ognia, uczujemy ciepło na téj powierzchni ręki, którą zwróciliśmy ku ogniowi, przeciwległa strona ręki nie uczuje nawet śladu ogrzania. Gdy między ręką a ogniem umieścimy

ćwiartkę papieru, nie dozna ogrzania nawet ta strona ręki, która jest zwrócona do ognia. Z tego doświadczenia widzimy, że ciepło ognia nie udziela się od cząstki do cząstki powietrzu, lecz dąży ku ręce i ogrzewa ją, a powietrze, wypełniające przestrzeń między ogniem a ręką, nie bierze udziału w tém ogrzaniu.

Ciepło takie, które może przejść z jednego ciała na drugie, oddalone znacznie od pierwszego, nie ogrzewając przy tém przedmiotów, wypełniających przestrzeń pomiędzy ciałem ogrzewającém a ogrzewaném, zowiemy ciepłem promieniowaném (promienistém), a takie rozchodzenie się ciepła — promieniowaniem. Ciała, które się ogrzewają tém ciepłem, zowiemy ciałami chłonącymi ciepło.

Prawa, według których rozchodzi się ciepło promieniste, wykryte drogą doświadczalną zapomocą bardzo czułych termometrów, są następujące:

1. Ciało ogrzane wysyła ciepło promieniste w kierunkach prostolinijnych. Stojąc naprzeciw ognia roznieconego w piecu, czujemy gorąco, uchyliwszy się na bok nie dostrzegamy ogrzania, gdyż promienie ciepła, wychodzące z otworu pieca, idą w prostych liniach i pomijają nas, stojących na boku.

2. Ciała ogrzewane wysyłają ciepło promieniste w niejednakowéj ilości. Jedno i tosamo ciało promieniuje tém mocniéj, im wyższą jest jego temperatura, im bardziéj chropowatą ma powierzchnię i im ciemniejszy odcień barwy ciało posiada.

3. Zdolność chłonienia ciepła promienistego jest u rozmaitych ciał rozmaitą. W ogóle te ciała chłoną promienie ciepła najbardziéj, które je w danym razie w wielkiéj ilości promieniują. Dla jednego i tegosamego ciała jest zawsze zdolność chłonienia równą zdolności promieniowania ciepła, to znaczy: każde ciało chłonie tyle ciepła, ile go na zewnątrz promieniuje. Sadza chłonie ciepło ze wszystkich ciał najlepiéj; inne ciała, jak powietrze atmosferyczne i woda, przepuszczają ciepło bez powstrzymania, czyli bez ogrzania samych siebie. Ciała z taką własnością, jak sadza, zowiemy nieprzecieplającymi, albo atermanicznymi. Powietrze, szkło są ciałami przecieplającymi, czyli dyatermicznymi.

4. Zdolność przepuszczania promieni ciepła nie zależy od stopnia przezroczystości lub zabarwienia ciała. Przezroczysta płytka ałunu chłonie niemal wszystko ciepło (a tylko przepuszcza światło), szkło białe przepuszcza światło i ciepło, grubsze tafle dymnego topazu, czarnego szkła, czarnéj miki przepuszczają ciepło (a chłoną natomiast światło).

5. Promienie ciepła doznają podobnie jak promienie światła odbicia i załamania. O czém późniéj.

Zapomocą powyższych praw tłómaczymy wiele zjawisk w przyrodzie, a mianowicie:

1.) Grunt twardy pochłania więcéj ciepła niż woda, dlatego w dzień bardziéj się ogrzewa, w nocy mocniéj natomiast promieniując, oziębia się bardziéj niż woda. Wskutek promieniowania mogą rośliny oziębić się do tego stopnia, iż zamarzają; dlatego chronimy je na wiosnę i w jesieni (mianowicie podczas pogodnych nocy) przykryciem ze słomy lub mchu, które przeszkadza silnemu promieniowaniu.

2.) Liście, od spodu chropowate, chłoną w nocy mocniéj ciepło, dosyłane od ziemi, a posiadając z góry gładką lśniącą powierzchnię, mało ciepła w powietrze promieniują.

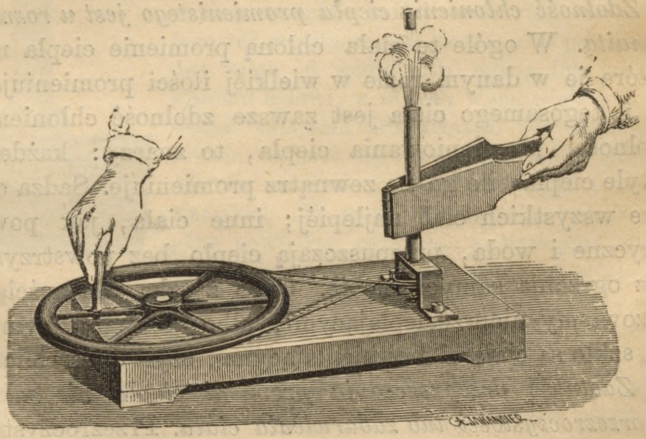
3.) Kulka termometru poczerniona bardziéj się ogrzewa promieniami słonecznymi, aniżeli kulka czysta i połyskująca. Dlaczego?

4.) Odzież jasna chroni przed skwarem słonecznym bardziéj, aniżeli suknia koloru czarnego.

§. 59. Źródła ciepła. Ciepło wytwarzają: I. Praca, ruch. Trąc dwa kawałki suchego drzewa, rozgrzejemy je do tego stopnia, iż się zapalą. Podczas piłowania niektórych metalów rozgrzewają się opiłki tak znacznie, iż pryskają iskrami w około. Przez tarcie dwóch kawałków lodu można je stopić, chociażby miały temperaturę niższą od zera.

Zapomocą przyrządu (fig. 30.) można wskutek tarcia rozegrzać wodę w wałeczku żelaznym do tego stopnia, iż wrzeć

Fig. 30.



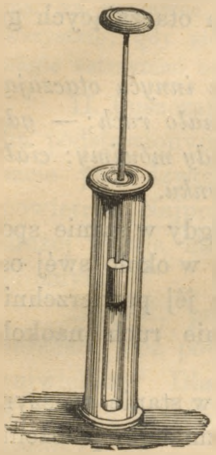
poczyna, a wytworzona para wysadza gwałtownie korek, który przedtém zatykał szczelnie rurkę żelazną.

Ciało można rozegrzać zapomocą tarcia.

Żelazo, kute energicznie przez pewien czas, rozżarza się do czerwoności. Monety, wychodzące z pod stępla prasy menniczéj,

są wskutek nagłego ściśnienia tak gorące, iż rękę poparzyć mogą. Zgęszczone powietrze we wałku szklanym ogrzewa się do tego stopnia, iż hubka, wewnątrz umieszczona, zapala się w téj temperaturze. Tak zapalano dawniéj hubkę zapomocą krzesiwa pneumatycznego (fig. 31.).

Fig. 31.



Zapomocą ściśnienia lub sprasowania jakiegoś ciała podnosimy jego temperaturę.

Odwrotnie zapomocą rozciągania czyli rozrzedzania jakiegoś ciała obniżymy jego temperaturę. Na tém polega dmuchanie ustami na gorące potrawy.

II. Działania chemiczne. *Przy chemicznych połączeniach dwu lub kilku ciał powstaje zwykle ciepło, a szczególniéj przy połączeniach węgla z tlenem.* Gaszenie wapna, gorenie drzewa i t. d.

III. *Wewnątrz ziemi zawarte ciepło ujawnia się podczas wybuchów wulkanicznych i w źródłach gorących.*

Źródło w Karlsbadzie wyrzuca wodę o temperaturze + 75° C. Woda niektórych źródeł gorących w Azyi dochodzi do + 100° C.

Podczas wkopywania się w głąb ziemi spostrzeżono, iż temperatura wzmaga się z głębokością wkopania; na każde 37 metrów przybywa w przecięciu o + 1° C.

IV. *Słońce jest najznakomitszém źródłem ciepła.* Promienie ciepła, jakie słońce dosyła ziemi, ogrzéwają ziemię tém mocniéj, im bardziéj prostopadle padają na jéj powierzchnię, tudzież im dłuższy czas ziemia wystawiona jest na ich działanie. Powietrze, przez które przechodzą promienie ciepła, nie ogrzewa się nimi, gdyż jest ciałem przecieplającém, dopiéro ziemia ogrzewa powietrze przez promieniowanie.

ROZDZIAŁ TRZECI.

Nauka o ruchu i równowadze ciał w ogólności.

§. 60. Ruch i równowaga. Na stole poustawiałem w około rozmaite przedmioty. Na jednym rogu położyłem kredę, w samym środku stolika stoi kałamarz, a po drugiéj stronie na brzegu leży gąbka. Jeśli po niejakim czasie spostrzegę, iż kałamarz stoi

blisko gąbki, to wiem z doświadczenia, że ktoś musiał poruszyć kałamarz i w ten sposób zbliżył go do gąbki, leżącéj dotąd na jedném i témsamém miejscu. Poznałem ruch kałamarza po tém, iż zmienił pierwotne położenie względem innych otaczających go przedmiotów.

Jeśli ciało zmienia swe położenie względem innych otaczających przedmiotów, natenczas mówimy: ciało wykonało ruch; — gdy zaś ciało pozostaje w niezmiennėm położeniu, wtedy mówimy: ciało znajduje się w równowadze albo w stanie spoczynku.

W rzeczywistości nie znajduje się ciało nigdy w stanie spoczynku, gdyż, jak wiadomo, ziemia porusza się w około swéj osi wraz ze wszystkimi ciałami, znajdującymi się na jéj powierzchni; nadto wykonują one wraz z ziemią nieustannie ruch naokoło słońca.

Jeśli zatém mówimy, że ciało znajduje się w stanie spoczynku, to chcemy przez to wyrazić, że ono nie zmieniło położenia względem sąsiednich przedmiotów, a nie uwzględniamy tego, iż to ciało wraz z owymi przedmiotami wspólnie się porusza. Np. osoba, płynąca okrętem, może siedzieć na ławeczce, a témsamém pozostawać w spoczynku wobec innych przedmiotów na okręcie, jakkolwiek płynie wraz z okrętem. Ptak, lecący w powietrzu w kierunku pomykającego pociągu kolejowego, wydaje się osobie, siedzącéj we wagonie tego pociągu, jakoby był w stanie spoczynku, osoba zaś, stojąca na ziemi, widzi lot czyli ruch ptaka.

Podaj więcéj podobnych przykładów!

§. 61. Bezwładność ciał. I. Kałamarz, położony na stole, tak długo nie poruszy się z miejsca, dopóki go nie potrącimy ręką.

Poruszam nagle w prawo i w lewo szklankę, napełnioną wodą, i spostrzegam, iż w początku jak i przy końcu ruchu woda przelewa się przez krésy szklanki. Pochodzi to stąd, iż woda, znajdując się wraz ze szklanką w stanie spoczynku, usiłowała pozostać w nim i wtedy, kiedy szklanka naprzód pomknęła; dlatego wylała się w kierunku przeciwnym do ruchu. Następnie będąc w ruchu, usiłuje zachować ten ruch nawet i wtedy, kiedy szklanka stanęła; stąd przelanie wody w kierunku dokonanego ruchu.

Każde ciało usiłuje pozostać w nabytym stanie spoczynku albo ruchu, to znaczy: będąc w spoczynku samo z siebie poruszyć się nie może, a będąc w ruchu samo z siebie zatrzymać się nie może.

Osoba, jadąca na wozie, pochyli się naprzód, gdy wóz nagle stanie, a pozornie cofa głowę wstecz, gdy wóz nagle ruszy z miejsca. Dlaczego? Jeździec spada przez głowę koniowi, gdy ten w biegu nagle się zatrzyma. Na ślizgawce, na której się ślizgają osoby jedna za drugą, padają wszystkie, gdy pierwsza potknąwszy się upadnie. Pociągu kolejowego nagle zatrzymać nie można. Dlaczego?

II. Puszczam w obrót zwykły bączek na podłodze, następnie na podstawionym porcelanowym lub stalowym talerzyku, a wreszcie pod dzwonem szklanym, z pod którego wypompowałem powietrze. Najprędzéj przestaje się obracać ów bączek na ziemi, dłużej wiruje na podstawce twardéj, a najdłużéj pod kloszem próżnym.

Bączek, puszczony raz w obrót, powinien nieustannie się obracać, lecz powstrzymują go przeszkody. Gdzie są przeszkody największe? Dlaczego bączek pod kloszem wiruje najdłużéj? Kiedy ten bączek poruszałby się nieustannie i z jednakową szybkością?

Takiego nieustannego ruchu nie może wykonywać ciało na ziemi, gdyż natrafia tu nieustannie na rozmaite przeszkody. Wiemy atoli, że ciała niebieskie, pobudzone raz do ruchu, biegną jednostajnie na mocy bezwładności, gdyż nie napotykają na żadne znaczne przeszkody.

Ciało, raz pobudzone do ruchu, musi ciągle poruszać się jednostajnie na mocy swéj bezwładności, dopóki nie natrafi na przeszkodę (siłę), która ciało zatrzyma.

Przyczyna zewnętrzna, która ciało w ruchu zatrzymuje lub ze stanu spoczynku w ruch wprowadza, albo wreszcie istniejący już ruch zmienia, zowie się siłą.

Jak z tego widzimy, wszelkie przeszkody należy uważać jako siły, które ciało powstrzymują w ruchu.

§. 62. Działanie siły. Podczas działania danéj siły wymagają szczególniejszego uwzględnienia:

1. Punkt zaczepienia siły, czyli ten punkt ciała, na który siła wywiera działanie.

Jeśli ciało jest swobodne, natenczas porusza się ono w kierunku działającéj siły.

Doświadczenie uczy, że: siła sprawi tensam skutek, jeśli ją zaczepimy w innym jakim punkcie, który jest stale połączony z dawnym punktem zaczepienia i leży na kierunku czynnéj siły.

Stwierdzić to kilku doświadczeniami!

2. *Droga*, jaką ciało pod działaniem siły przebiega: może ona być prostolinijna albo krzywa.

3. *Czas, przez jaki siła działa.* Jeśli siła działa przez czas bardzo krótki, tj. jeśli objawia się jako potrącenie, pchnięcie, rzucenie, wtedy zowiemy ją chwilową; — jeśli zaś działanie jéj trwa czas dłuższy, tedy zowie się siłą ciągłą.

Podczas uderzenia piłki działa siła chwilowa. Strzały, wyrzucone z łuku, poruszają się pod działaniem siły chwilowéj. Kula stacza się z pagórka pod działaniem siły ciągłéj.

4. *Jakość ruchu.* Ciało pod działaniem siły chwilowéj porusza się na mocy bezwładności jednostajnie, to znaczy: w równych czasach przebiega równe drogi; pod wpływem siły ciągłéj wykonywa ruch zmienny: przyspieszony albo opóźniony.

Jeśli w równych po sobie następujących czasach przebiega ciało coraz to większe drogi, natenczas wykonuje ruch przyspieszony, a gdy te drogi w równych po sobie następujących czasach stają się coraz to mniejsze, ruch ciała zowiemy opóźnionym.

Ziemia obraca się naokoło swéj osi ruchem jednostajnym, naokoło słońca ruchem zmiennym. Ciała, puszczone z góry, wykonują ruch ku ziemi przyspieszony; kamień, rzucony w górę, wznosi się ruchem opóźnionym. Sanki zsuwają się z pagórka ruchem przyspieszonym, a trącone na równinie, wykonują ruch opóźniony.

Wymień kilka ruchów przyspieszonych i opóźnionych!

5. *Wielkość siły.* O czém później.

§. 63. Prawa ruchu jednostajnego, wykryte zapomocą doświadczenia, są następujące:

1. *Ciało biegnie ruchem jednostajnym na mocy bezwładności.*

2. *Podczas ruchu jednostajnego przebiega ciało w równych czasach równe drogi.*

3. *Jeśli ciało jest wolne, natenczas biegnie ruchem jednostajnym po linii prostéj, a gdy jest przymocowane do jakiegoś punktu, natenczas raz potrącone, wiruje ruchem obrotowym jednostajnym naokoło tego stałego punktu.*

Drogę, jaką ciało przebiega w jednéj sekundzie ruchem jednostajnym, nazywamy jego chyżością.

4. *Chyżość ciała nie zmienia się podczas ruchu jednostajnego.*

To ostatnie prawo jest wynikiem prawa drugiego. Dlaczego?

Chyżość średnia	(chodu)	człowieka	(na sekundę)	1,25	metrów
„ „	(biegu)	charta	„	25	„
„ „	„	konia	„	12,5	„

Chyżość średnia (lotu) orła	(na sekundę)	32	metrów
„ „ „ gołębia pocztowego	„	40	„
„ „ (ruchu) okrętu żaglowego	„	4,5	„
„ wozu pocztowego, robiącego milę w 50 min.		2,5	„
„ pociągu kolejowego, robiącego na godzinę 6 mil		12,5	„
„ biegu rzeki		1—1,5	„
„ średniego wiatru		3	„
„ „ wichru		15	„
„ orkanu		40	„
„ głosu w powietrzu przy 0° C.		333	„
„ kuli ze sztućca		500	„
„ obrotu ziemi na równiku wynosi		465,2	„
„ biegu ziemi około słońca		30	Km.
„ światła		310.000	„

Jeżeli ciało ubiegło ruchem jednostajnym w pierwszéj sekundzie 8 metrów, to po upływie dwóch sekund przebiegnie 8×2 metrów, po upływie 10 sekund 8×10 metrów. Chcąc obliczyć drogę, w danym czasie przebieżoną przez jakieś ciało, należy chyżość pomnożyć przez ilość sekund, przez jaką ciało biegło, a więc:

$$\text{Droga} = \text{chyżości} \times \text{ilością sekund},$$

$$s = c \times t,$$

Opierając się na chyżościach, podanych powyżéj, rozwiążmy następujące zagadnienia:

Ile kilometrów przebiegnie pociąg kolejowy w przeciągu 3 godzin, jeśli 6 mil robi na godzinę? W jakim czasie przeleci orzeł przestrzeń 14 kilometrów? Orkan porwał kawałek dachu i unosił go przez 2·5 minut: w jakiéj odległości opadł ów dach na ziemię? Grzmot dochodzi do naszego ucha o 1·5 minut późniéj, aniżeli błyskawica: jak odległą od nas jest owa chmura, w któréj grzmot powstał? Co leci szybciéj, czy kula wystrzelona ze sztućca, czy ziemia, obiegająca w około słońce?

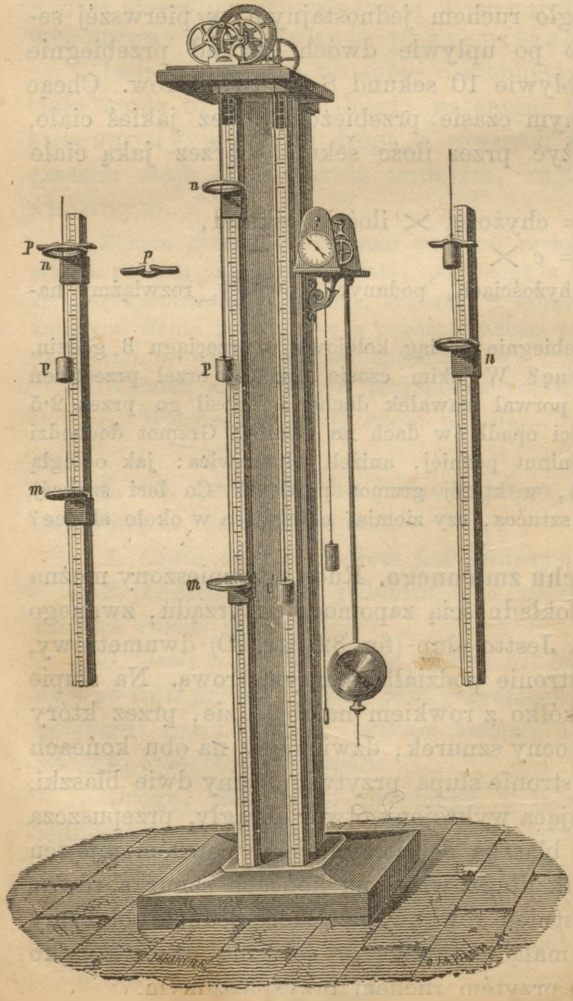
§. 64. Prawa ruchu zmiennego. Ruch przyspieszony można obserwować z wielką dokładnością zapomocą przyrządu, zwanego spadkownicą Atwooda. Jestto słup (fig. 32. str. 70) dwumetrowy, opatrzony po jednéj stronie podziałką centymetrową. Na słupie w górze umieszczamy kółko z rowkiem na obwodzie, przez który przesuwamy cienki, mocny sznurek, dźwigający na obu końcach ciężarki P. Po jednéj stronie słupa przytwierdzamy dwie blaszki, z których górna n, mająca wykrojony otwór okrągły, przepuszcza ciężarek P, dolna zaś blaszka m zatrzymuje w pewném miejscu upadający ciężarek. Jak długo wiszą na końcach sznurka równe ciężarki P, tak długo istnieje równowaga. Skoro jednak położymy na jednym ciężarku małą nadważkę p, ściągnie ona wszystko na dół, puszczając się przytém ruchem przyspieszonym.

Dobieramy nadważkę *p* taką, aby ściągnęła ciężarek *P*, ustawiony przy punkcie zero podziałki, w jednéj sekundzie jeden centymetr. Przydany obok zegar liczy głośném biciem sekundy, a wahadło puszczane w ruch na początku doświadczenia, luzuje każdą razą ciężarek *P* od zera podziałki.

Mierzę dokładnie drogi, jakie spadające ciężarki przebywają w każdéj następnéj sekundzie. Z doświadczenia wypada, że:

droga przebyta w jednéj sekundzie równa się 1 cm.
„ „ w dwóch sekundach „ „ 4 „
„ „ w trzech „ „ „ 9 „ i t. d.

Fig. 32.



A zatém droga, przebyta w dwóch sekundach, jest 4 razy większą od drogi, przebytéj w pierwszéj sekundzie; droga po upływie 3 sekund jest od drogi pierwszéj sekundy 9 razy większą i t. d.

Z téj części doświadczenia widzimy, że *drogi, jakie ciało przebywa po upływie jednéj, dwóch, trzech i t. d. sekund, mają się do siebie jak drugie potęgi odnośnych czasów.*

Gdyby droga, jaką ciało przebywa po upływie jednéj sekundy, wynosiła np. 6 m., to droga po upływie dwóch sekund równałaby się $6 \times 4 = 24$ m.; droga po upływie 5 sekund byłaby: $6 \times 25 = 150$ m. i t. d.

Powyższe prawo ułatwia nam obliczenie dróg, które ciało przebywa w przeciągu każdéj następującéj sekundy.

Droga, przebyta w pierwszéj sekundzie, wynosi np. 1 centymetr.

Droga, przebyta w drugiéj sekundzie, równa się drodze, jaką ciało przebiegło po upływie dwóch sekund (4 cm.), pomniejszonéj o drogę (1 cm.), zrobioną w przeciągu pierwszéj sekundy, czyli 4 — 1 = 3 centymetry.

Aby wynaleść drogę, przebytą w przeciągu trzeciéj sekundy, należy od drogi (9 centym.), przebytéj po upływie 3 sekund, odciągnąć drogę (4 cm.), jaką ciało przebiegło po upływie dwóch pierwszych sekund; a zatém 9 — 4 = 5 centymetrów. — Z powyższego wynika, że:

Droga przebyta w przeciągu pierwszéj sekundy = 1 cm.
„ „ „ drugiéj „ = 3 „
„ „ „ trzeciéj „ = 5 „ i t. d.

Czyli: *Drogi, jakie ciało przebiega w przeciągu pierwszéj, drugiéj, trzeciéj i t. d. sekundy, mają się do siebie jak liczby nieparzyste.*

§. 65. Chyżość podczas ruchu przyspieszonego. Ponieważ drogi, przebyte w równych po sobie następujących czasach, nie są jednakowe podczas ruchu przyspieszonego, przeto wynika z tego, że i chyżość podczas tego ruchu jest zmienną, a mianowicie: że się nieustannie powiększa.

Mamy łatwy sposób do oznaczenia téj chyżości, ale tylko w pewnym punkcie drogi.

Chcąc tę chyżość oznaczyć po upływie n. p. pierwszéj sekundy, przytwierdzam blaszkę *n*, (fig. 32.) opatrzoną otworem, przy liczbie 1. podziałki. Nadważka *p* przybędzie do tego punktu po upływie jednéj sekundy, ale nie mogąc przejść przez otwór blaszki, zatrzyma się na blaszce, a ciężarek *P*, nie pozostając pod wpływem nadważki, poruszy się daléj na mocy bezwładności ruchem jednostajnym i przebędzie drogę 2 cm. Ciężarek *P* posiadał zatém na końcu pierwszéj sekundy chyżość 2 cent. Od początku do końca pierwszéj sekundy wzrosła chyżość od 0 do 2 cm. Zsuwam następnie blaszkę *n* nadół i przytwierdzam ją przy czwartéj krésce podziałki. Jeżeli ponownie pozwolimy opadać ciężarkowi z nadważką *p*, natenczas lecąc przez dwie sekundy uzyska chyżość 4 cm., gdyż po zerwaniu blaszki ciężarek *P* porusza się daléj ruchem jednostajnym i przebiega w trzeciéj sekundzie drogę 4-centymetrową.

Podobnie możnaby sprawdzić, że chyżość na końcu 3ciéj sekundy wynosi 6 centymetrów.

Z tego doświadczenia wykryliśmy następujące ważne prawidła:

1. Chyżość, jaką ciało posiada podczas ruchu przyspieszonego na końcu pewnego czasu, jestto owa chyżość, z jaką poruszałoby się daléj to ciało tylko na mocy bezwładności; chyżość tę zowiemy chyżością końcową.

2. Chyżość końcowa powiększa się na końcu każdéj sekundy o pewną ilość.

W naszym przykładzie rośnie chyżość ciągle o dwa centymetry. Przyrost ten chyżości w ciągu jednéj sekundy zowiemy przyspieszeniem.

Jeżeli przyspieszenie jest jednakowe podczas całego ruchu, zowiemy ruch taki jednostajnie przyspieszonym.

3. Przy ruchu jednostajnie przyspieszonym można obliczyć chyżość na końcu danéj sekundy, a mianowicie przez pomnożenie przyspieszenia przez ilość sekund.

4. Jeżeli ciało przeszło w ruch ze stanu spoczynku, to droga, przebyta w pierwszéj sekundzie, równa się połowie przyspieszenia.

5. Droga po upływie pewnéj ilości sekund równa się drodze, przebytéj w pierwszéj sekundzie, czyli połowie przyspieszenia, pomnożonéj przez drugą potęgę ilości sekund.

Droga, przebyta w pierwszéj sekundzie, wynosi 14 cm.; jak wielkie jest przyspieszenie? Ile cm. przebiegnie to ciało po upływie 4 sekund, i jaką osiągnie chyżość na końcu 4téj sekundy? Ciało, biegnąc ruchem jednostajnie przyspieszonym, na końcu 5téj sekundy posiada chyżość 75 m.; ile metrów wynosi droga? jak wielkie jest przyspieszenie? Gdy przyspieszenie wynosi 10 m., jaką chyżość posiadać będzie ciało na początku 6. sekundy? ile metrów przebiegnie w przeciągu 5 sekund?

Jedno ciało, biegnąc ruchem przyspieszonym, uzyskało na końcu 8. sekundy chyżość 32 metrów; po ile sekundach drugie ciało osiągnie tęsamę chyżość, jeśli biegnie z przyspieszeniem 6 m.?

§. 66. Ruch opóźniony. Na machinie Atwooda można wywołać i ruch opóźniony.

W tym celu każę ciężarkowi P poruszać się przez 4 sekundy pod działaniem nadważki p. Ciężarki osiągną z końcem 4téj sekundy chyżość końcową, równającą się 8 centymetrom. W téj chwili zrywam nadważkę p zapomocą podstawionéj blaszki n, a na mocy bezwładności uzyskuję ruch, odbywający się odtąd z chyżością stałą, wynoszącą 8 centymetrów. Ciężarek P, na którym spoczywała nadważka, dąży na dół ruchem jednostajnym, a ciężarek P_1, zawieszony na drugim końcu sznureczka, podnosi się do góry. Otóż po stronie tego drugiego ciężarka (P_1) przytwierdzam do podziałki blaszkę z otworem, na któréj leży taka sama nadważka p. Podnoszący się ciężarek przejdzie przez otwór i porwie za sobą ową nadważkę p. Od téj chwili ciężarek jeden (P) usiłuje na dół schodzić ruchem jednostajnym, a drugi ciężarek (P_1) z nadważką (p) dąży do ruchu jednostajnie przy-

spieszonego, ale w stronę wprost przeciwną. Oba te ruchy spowodują ruch jednostajnie opóźniony.

Ruch jednostajnie opóźniony jest zatém złożony z dwóch ruchów w kierunkach sobie wprost przeciwnych, z których jeden jest ruchem jednostajnym, a drugi przyspieszonym.

1. Droga po każdéj następującéj sekundzie będzie coraz mniejszą; aby ją obliczyć, należy od drogi, jakąby ciężarek wykonał na mocy bezwładności, odjąć drogę, jakąby zrobiła w tymsamym czasie nadważka, gdyby mogła schodzić ruchem jednostajnie przyspieszonym.

2. Chyżość końcowa przy ruchu jednostajnie opóźnionym maleje co sekundy o pewną niezmienną ilość. Ubytek chyżości w jednéj sekundzie zowiemy opóźnieniem.

3. Chyżość na końcu danéj sekundy przy ruchu jednostajnie opóźnionym równa się chyżości ruchu jednostajnego, pomniejszonéj o chyżość końcową w tymsamym czasie, spowodowaną samém tylko opóźnieniem.

Ciało porusza się ruchem jednostajnym z chyżością 100 m.; jaką chyżość osiągnie ciało po upływie 5 sekund, jeśli opóźnienie wynosi 8 m., i jaką drogę przebiegnie po upływie tego czasu? Kiedy stanie ciało, toczące się ruchem opóźnionym, jeśli chyżość początkowa była 240 metrów, a opóźnienie wynosi 6 m.? Jaką drogę przebiegnie powyższe ciało? Ile metrów przebiegnie ciało po upływie 8 sekund, jeśli początkowa chyżość wynosi 450 m., a opóźnienie równa się 6ciu metrom?

§. 67. Oznaczenie wielkości siły. Potrącam dwie kule, jednę, ważącą 1 kilogram, a drugą, 5 kilogramów. Obie kule poruszają się z jednakową chyżością. Skutek obu potrąceń nie jest jednakowy: u drugiéj kuli jest on 5 razy większy, niż u pierwszéj, gdyż ciężar (masa) drugiéj kuli jest 5 razy większy niż ciężar (masa) pierwszéj kuli.

Potrącam dwie kule jednakowe; jedna z nich przebiega w jednéj sekundzie drogę 1 metra, a druga drogę 4 metrów.

Tu skutek drugiego potrącenia jest 4 razy większy od skutku, wywołanego potrąceniem pierwszéj kuli, gdyż droga przebieżona jest 4 razy większą od drogi, jaką pierwsza kula robi w tymsamym czasie.

Wielkość siły (potrącenia) oceniamy z wielkości skutku (ruchu), jaki spowodowała.

Z powyższych doświadczeń wynika:

1. Siły poruszające mają się do siebie wprost jak ciężary (masy) ciał, poruszających się z równą chyżością.

2. Siły mają się do siebie jak chyżości, nadane ciałom o równym ciężarze (masie).

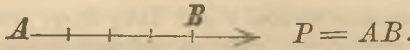
Jeżeli ciało, ważące 5 Kg., poruszy się wskutek potrącenia z chyżością 4 metrów na sekundę, to siła, powodująca ten ruch, jest $5 \times 4 = 20$ razy większą od onéj siły, która zdoła 1 kilogramowi ciała nadać chyżość 1 metra. Iloczyn z ciężaru i chyżości przedstawia wielkość siły w porównaniu do owéj siły, która zdoła poruszyć 1 Kg. ciała z chyżością 1 metra; iloczyn ten zowie się ilością ruchu, albo wielkością ruchu.

3. Ilość ruchu jest miarą siły poruszającéj.

Za jednostkę siły przyjęto ciągnienie albo ciśnienie jednego kilograma. Drugie prawo może posłużyć do graficznego przedstawienia wielkości sił. Jeśli bowiem siła działa na jakieś ciało i poruszy je z chyżością jednego metra, to siła, nadająca temu samemu ciału chyżość 6 metrów, równać się będzie 6 Kg. Ile jednostek długości, wyrażających chyżość, mamy odciętych na kierunku siły, tyle kilogramów posiada dana siła.

Np. siła $P = 4$ Kg. da się przedstawić graficznie (fig. 33.) w sposób następujący:

Fig. 33.



§. 68. Składanie ruchów i sił. Mam tu na ziemi duży kloc drewniany z ponabijanymi w około 5 haczykami. Do każdego haczyka przytwierdzam sznur i daję go w ręce osobom, w około rozstawionym. Na dany znak wszystkie osoby ciągną sznurki ku sobie. — Na kloc działa tyle sił, ile osób ciągnie, a więc pięć sił. Kloc posunął się w pewnym kierunku o 2 metry. Zamiast tych pięciu osób mogłaby jedna silna osoba posunąć kloc w owym kierunku o 2 metry. Mogę zatém jedną siłą zastąpić siły owych pięciu osób i osiągnę tensam skutek. Siłę, zastępującą w działaniu kilka sił i wywołującą tensam skutek, zowiemy siłą wypadkową, a owe siły — siłami składowymi. — Ruch, wywołany siłą wypadkową, nazywamy także ruchem wypadkowym.

Doświadczeniem wykryto, że:

1. Wskutek działania kilku sił zajmie ciało tosamo położenie bez względu na to, czy wszystkie siły działają równocześnie, czy téż kolejno jedna po drugiéj.

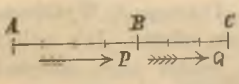
2. Droga, jaką ciało przebywa pod działaniem kilku sił, zwróconych w tęsamę stronę lub w strony przeciwne, jest zawsze prostolinijną.

Doświadczenie na machinie Atwooda.

3. Droga, jaką ciało przebywa pod wpływem dwóch sił, pod kątem do siebie działających, jest prostolinijna, jeśli obie siły są tegosamego rodzaju, a więc obie albo chwilowe albo ciągłe; jeśli zaś obie siły nie są tegosamego rodzaju — a więc jedna chwilowa a druga ciągła — to ciało wykonywa ruch wypadkowy po linii krzywéj.

§. 69. Zastosowanie powyższych praw. *a)* Siły $P = 4$ Kg. i $Q = 2$ Kg. ciągną w tęsamę stronę. Każmy działać siłom jednéj po drugiéj; pierwsza zaciągnie ciało o 4 metry, t. j. od A do B (fig. 34.), a stąd druga o 3 metry, t. j. od B do C. Ciało przebieży w całości od A do C drogę 7 metrów, tak jak gdyby na nie działała w tymsamym kierunku siła, wynosząca 7 Kg.

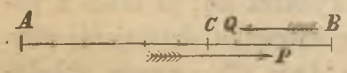
Fig. 34.



Dwie siły, działające w tęsamę stronę, można zastąpić siłą wypadkową, równającą się sumie z nich.

b) Siła $P = 10$ Kg., a siła Q, działająca w stronę wprost przeciwną, wynosi 4 Kg. Każemy działać jednéj sile po drugiéj i spostrzegamy, iż ciało znajduje się w takiém miejscu (fig. 35.), jak gdyby przebyło tylko drogę 6-metrową AC, w stronę działającéj siły większéj.

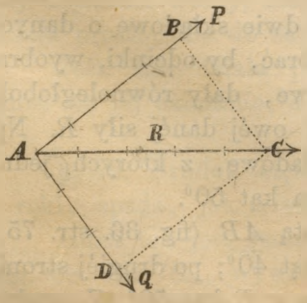
Fig. 35.



Dwie siły, działające w strony wprost przeciwne, składają się w wypadkową, równającą się różnicy z nich. Ciało poruszy się w kierunku siły większéj.

Jeśli obie siły są sobie równe, ciało położenia nie zmieni, a wtedy mówimy: siły się r ó w n o w a ż ą.

Fig. 36.



c) Dwie siły, np. $P = 4$ Kg. i $Q = 3$ Kg., działają na ciało A pod kątem. Oznaczamy graficznie wielkość sił (fig. 36.). Każmy następnie działać siłom kolejno po sobie z zachowaniem ich kierunku.

Pod działaniem siły P zajdzie ciało A do punktu B, stąd w kierunku $BC \parallel AD$ poruszy się ciało pod działaniem siły Q o 3 metry i zajdzie ostatecznie do punktu C. Do tegosamego punktu zajdzie ciało A po linii prostéj AC, jeśli obie siły działają równocześnie.

Długość linii AC przedstawia graficznie wielkość siły wypadkowéj $R = 5$ Kg.

Przypatrzywszy się uważnie powyższéj figurze, widzimy, iż można uzyskać wielkość i kierunek ruchu wypadkowego, jeśli graficznie przedstawione siły uzupełnimy do równoległoboku. Przekątnia w tym równoległoboku, pociągnięta z punktu zaczepienia sił, przedstawia wielkość i kierunek siły wypadkowéj.

W przyrodzie napotykamy wiele wypadków, w których ruch wypadkowy zastępuje ruchy składowe: Wioślarz steruje prostopadle do biegu rzeki, prąd ciągnie czółno w kierunku biegu rzeki, a w rzeczywistości porusza się czółno ruchem wypadkowym, w kierunku do prądu ukośnym. Kula armatnia, wystrzelona w stronę od północy na południe, zbacza na prawo od punktu, na który strzał skierowano. Dlaczego? Wytłómaczyć ukośne podnoszenie się balonu podczas powiewu wiatru. Jak poleci na okręcie piłka, rzucona prostopadle do kierunku ruchu tego okrętu? Dwie osoby, stojące na poprzek płynącego okrętu, grają w obręczą; czy która z osób zdoła uchwycić obręcz na kijek?

Chcąc kilka sił złożyć w jednę wypadkową, należy naprzód w dwie siły złożyć w wypadkową, tę wypadkową złożyć z trzecią siłą i t. d., dopóki w ten sposób wszystkich sił nie wyczerpiemy.

Porządek składania sił nie wływa na wielkość i kierunek wypadkowéj.

§. 70. Rozkładanie sił. Często wydarza się, iż ciało z powodu zapory nie może poruszać się w kierunku działającéj siły. Natenczas siła sama rozkłada się na dwie siły, zwane składowymi, z których jednę niszczy zapora, a druga wywołuje ruch bez wszelkich przeszkód.

Chcąc rozłożyć daną siłę R na dwie składowe o danych kierunkach, należy ich wielkość tak dobrać, by odcinki, wyobrażające graficznie obie te siły składowe, dały równoległobok, w którym przekątna byłaby odcinkiem owéj danéj siły R. Np. Rozłożyć siłę $R = 8$ Kg. na dwie składowe, z których jedna ma zamykać ze siłą R kąt 40°, a druga kąt 50°.

Prowadzę z punktu A linią prostą AB (fig. 36. str. 75.), któraby zamykała z kierunkiem siły R kąt 40°; po drugiéj stronie siły R wykreślam linią AD, zamykającą z R kąt 50°. Z punktu

C uzupełniam równoległobok sił $ADCB$; natenczas AB jest jedną, a AD drugą siłą składową.

W przyrodzie napotykamy często rozkładanie sił. Np. Na latawca ukośnie ułożonego uderza wiatr, dmący w kierunku poziomym. Prąd wiatru rozkłada się na dwie siły: jedna działa wzdłuż powierzchni papieru i nie wywołuje żadnego skutku, druga wywiera nacisk prostopadle i powoduje ukośne wznoszenie się latawca. Przedstawić tensam wypadek rysunkiem, przyjmując siłę wiatru $P = 4$ Kg.!

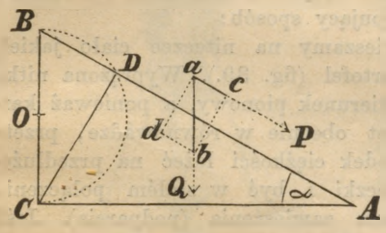
Podobnie dmie wiatr na żagiel ukośnie ustawiony i rozkłada się na dwie siły składowe, z których jedna działa równolegle do osi okrętu i wywołuje ruch; — druga, równoległa do powierzchni żagla, nie sprawia żadnego działania. Stosownem ustawieniem powierzchni żagla do kierunku wiatru można zużytkować wiatr, dmący z boku.

Wytłómaczyć obrót koła wiatrakowego zapomocą rozłożenia siły wiatru, uderzającego ukośnie o skrzydła koła.

§. 71. Rozłożenie siły ciężkości na równi pochyłéj. Położyłem kulę na desce pochyłéj AB, zwanéj także równią pochyłą. Na kulę działa w kierunku pionowym siła ciężkości Q, równająca się ciężarowi bezwzględnemu kuli.

Siła Q, przedstawiona graficznie odcinkiem ab (fig. 37.), nie mogąc wywołać ruchu w kierunku pionowym, rozkłada się na dwie siły P i P_1. Siła $P_1 = ad$ działa prostopadle do deski pochyłéj, przyciska kulę do niéj i znosi się trwałością deski. Druga siła $P = ac$ wywołuje ruch wzdłuż deski.

Fig. 37.



Kładąc tęsamę kulę a na deskę AB, nachyloną do poziomu AC pod rozmaitymi kątami, oznacz, kiedy odcinek $ad = P$ będzie się powiększał!

Ciało, położone na deskę, nie stoczy się pod działaniem siły ciężkości wtedy, kiedy deska leży poziomo, gdyż wtedy siła działa prostopadle do zapory i znosi się jéj trwałością.

Jeśli siła działa prostopadle do zapory na ciało, wtedy znosi się jéj działanie, a ciało pozostanie w równowadze.

§. 72. Środek ciężkości ciał. Każde ciało, wypuszczone z ręki, spada, jak wiadomo, na ziemię w kierunku pionowym.

Ruch ten jest ruchem wypadkowym ze wszystkich działań (fig. 38. str. 78.), wywieranych przez ziemię na cząsteczki tego ciała.

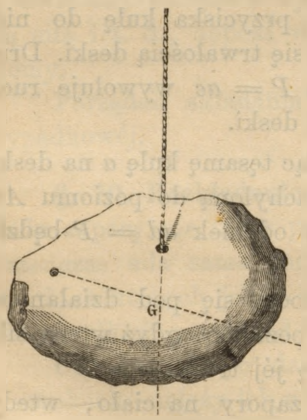
Wielkość téj siły wypadkowéj P równa się ciężarowi ciała. Aby oznaczyć punkt zaczepienia G téj wypadkowéj, wykonajmy następujące doświadczenie: Kołowy krążek z papieru upada na ziemię, gdyż ściąga go siła ciężkości. Jeśli podstawię pod ten krążek gwóźdź, to krążek zsuwać się będzie z niego tak długo, dopóki gwóźdź nie podeprze krążka w samym środku.

Fig. 38.

Jeśli krążek znajduje się w równowadze, to musi być zniszczone tém podparciem działanie siły wypadkowéj: gwóźdź dotyka się zatém punktu zaczepienia wypadkowéj. Jeśli ciało podeprzemy w tym punkcie, w którym zaczepia siła wypadkowa ciężkości, natenczas zniszczymy działanie siły wypadkowéj, a ciało pozostanie w równowadze. — Punkt zaczepienia siły ciężkości zowiemy środkiem ciężkości ciała.

Ciało, podparte w środku ciężkości, pozostanie w każdém położeniu w równowadze.

Fig. 39.



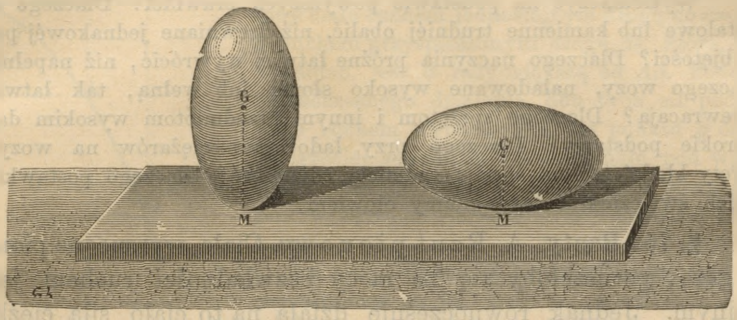
Środek ciężkości ciała można oznaczyć w następujący sposób:

Zawieszamy na niteczce ciało jakieś, n. p. kartofel (fig. 39.). Wyprężona nitka zajmie kierunek pionowy, a ponieważ kartofel jest obecnie w równowadze, przeto musi środek ciężkości leżeć na przedłużeniu niteczki i być w stałém połączeniu z punktem zawieszenia (podparcia). Jeśli zatém przekłuję drutem kartofel w kierunku nitki wyprężonéj, to środek ciężkości leżeć będzie w owéj rureczce, zrobionéj drutem w kartoflu. Po zawieszeniu kartofla w innym punkcie i po przebiciu kartofla drutem w kierunku sznurka, otrzymam miejsce G, w którém się krzyżują zrobione rurki: tam leży w ciele środek ciężkości.

§. 73. Równowaga ciał podpartych. Ciało, oparte na podstawie, wykonuje ruch pod działaniem siły ciężkości tak długo, dopóki środek ciężkości nie zajmie najniższego możliwego położenia względem téj podstawy. Jeśli bryłkę (fig. 40. str. 79.) ustawimy ostrożnie na jednym jéj końcu, to pozostanie ona w równowadze; jeśli nieco ją pochylimy, spostrzeżemy, iż środek

ciężkości G zatacza łuk na dół, a cała bryłka przewraca się i nada sama środkowi ciężkości najniższe położenie (fig. 41.). Ruch środka ciężkości można tu przyrównać do ruchu ciała po równi pochyłéj.

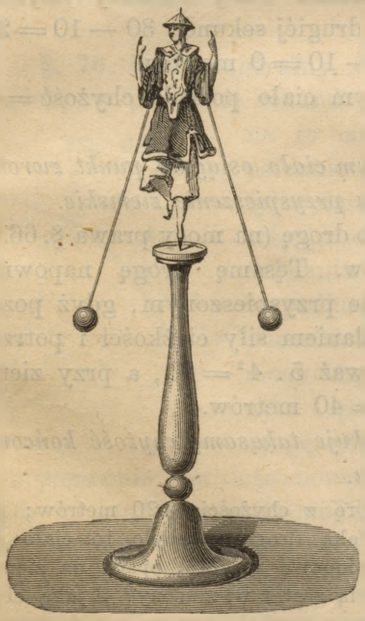
Fig. 40. Fig. 41.



Gdy ciało przy najmniejszém wychyleniu z położenia równowagi przewraca się, to taką równowagę nazywamy chwiejną.

Jeśli odwrotnie tęsamę bryłkę, leżącą na podstawie (fig. 41.), nieco pochylimy w dół lub podniesiemy w górę za jeden koniec, natenczas przekonamy się, że środek ciężkości G w obu wypadkach zatoczy łuk do góry, a ciało, zostawione samo sobie, wraca do pierwotnego położenia.

Fig. 42.



Ciała, które po wychyleniu wracają do położenia pierwotnego równowagi, znajdują się w równowadze stałéj.

Jeśli ciało podeprzemy w środku ciężkości (n. p. zapomocą drutu, przesuniętego przez środek ciężkości), natenczas pozostaje ciało w równowadze w każdém położeniu. Taką równowagę zowiemy obojętną.

Na fig. 42. leży środek ciężkości poniżéj punktu podparcia, dlatego figurka pozostaje w równowadze stałéj nawet wtedy, gdy ją znacznie pochylimy. Wypadek ten podparcia podobny jest do zawieszenia figurki. Dlaczego?

§. 74. Stałość podparcia. Ciało jakieś jest tém stałéj podparte, im trudniéj je przewrócić, lub po im większém wychyleniu wraca do położenia pierwotnéj równowagi.

Doświadczenie uczy, że podparcie jest tém stalsze:

1. im szerszą podstawę posiada ciało,
2. im większy jest ciężar ciała,
3. im bliżéj podstawy leży środek ciężkości.

Wytłómaczyć na podstawie powyższych prawideł: Dlaczego słupy metalowe lub kamienne trudniéj obalić, niż drewniane jednakowéj postaci i objętości? Dlaczego naczynia próżne łatwiéj wywrócić, niż napełnione? Dlaczego wozy, naładowane wysoko słomą lub wełną, tak łatwo się przewracają? Dlaczego sprzętom i innym przedmiotom wysokim dajemy szerokie podstawy? Dlaczego przy ładowaniu ciężarów na wozy lub okręty kładziemy na spód przedmioty najcięższe? Dlaczego postawki wysokich świeczników wypełniamy ołowiem?

§. 75. Rzuty. A. Rzut pionowy. Ciało, wyrzucone pionowo w górę, poruszałoby się na mocy bezwładności ruchem jednostajnym. Jednak równocześnie działa na to ciało siła ciężkości w kierunku wprost przeciwnym. — Skutkiem tego poruszy się ciało ruchem wypadkowym, jednostajnie opóźnionym (§. 66.). Jeśli chyżość rzutu wynosi n. p. 40 metrów, to co sekundę umniejszy się ta chyżość o 10 metrów, gdyż tyle wynosi w przybliżeniu przyspieszenie ziemskie.

Ciało posiadać będzie na końcu 1széj sekundy chyżość $40 - 10 = 30$ metrów; na końcu drugiéj sekundy $30 - 10 = 20$, a na końcu czwartéj sekundy $10 - 10 = 0$ metrów.

Punkt ten w górze, w którym ciało posiada chyżość $= 0$, zowie się punktem zwrotu.

Chcąc oznaczyć czas, po którym ciało osiągnie punkt zwrotu, należy podzielić chyżość rzutu przez przyspieszenie ziemskie.

W tym czasie przebiegnie ciało drogę (na mocy prawa §. 66.1.) $40 \times 4 - 5 \times 16 = 80$ metrów. Tęsamę drogę napowrót przebieży ciało ruchem jednostajnie przyspieszonym, gdyż pozostaje obecnie pod wyłącznem działaniem siły ciężkości i potrzebuje na to czasu 4 sekund, ponieważ $5 . 4^2 = 80$, a przy ziemi uzyska chyżość końcową $10 \times 4 = 40$ metrów.

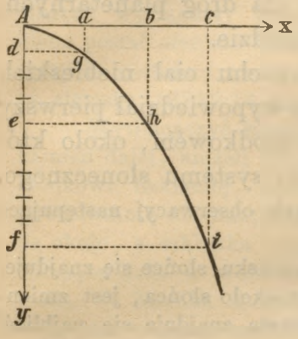
Ciało, upadające na dół, uzyskuje takąsamę chyżość końcową przy ziemi, jaką była chyżość rzutu.

Wyrzuciłem ciało pionowo w górę z chyżością 120 metrów; po jakim czasie opadnie ciało na dół? Jaką drogę przebyło to ciało do punktu zwrotu? Kamień, wyrzucony pionowo w górę, opadł na ziemię po upływie 16 sekund; z jaką chyżością został wyrzucony? Z jaką chyżością należy wyrzucić kamień, jeśli przy punkcie zwrotu ma dosięgnąć szczytu wieży, 45 metrów wysokiéj?

B. Rzut poziomy. Na ciało, rzucone w kierunku poziomym, działają dwie siły pod kątem prostym. Jedną z tych sił jest ruch ręki,

drugą siła ciężkości. W pierwszéj sekundzie przebiegłoby ciało pod działaniem siły rzutu drogę *Aa* (fig. 43.), a pod wyłącznem działaniem siły ciężkości drogę *Ad*. Jeśli obie siły razem działają, przebiegnie ciało ruchem wypadkowym drogę *Ag*. W przeciągu drugiéj sekundy przebyłoby ciało ruchem jednostajnym drogę $ab = Aa$, a ruchem przyspieszonym drogę *de*, która, jak wiadomo, jest 3 razy większą od *Ad*. Podczas równoczesnego działania obu tych sił podąży ciało ruchem wypadkowym od punktu *g* do *h*. W trzeciéj sekundzie zaszłoby ciało pod wpływem rzutu od *b* do *c*, gdzie $bc = ab = Aa$; pod wyłącznem działaniem siły ciężkości przebiegłoby ciało od *e* do *f*, gdzie $ef = 5\,Ad$. Z obu tych ruchów składowych złoży się ruch wypadkowy po *hi*.

Fig. 43.

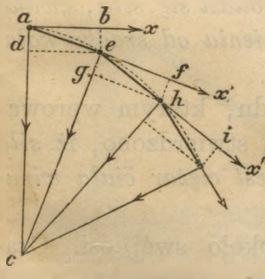


Droga *Aghi*, jaką ciało przebiega ruchem wypadkowym, jest parabolą.

C. Rzut ukośny. Ciało, wyrzucone ukośnie do poziomu, zakreśla także parabolę. Odległość od punktu, skąd ciało zostało wyrzucone, aż do miejsca, w którém napowrót dosięga poziomu, nazywamy odległością rzutu, a odległość punktu najwyższego wyniesienia od poziomu — wysokością rzutu.

§. 76. Ruch centralny. Ciało *a* (fig. 44.), potrącone, przebiegłoby w pierwszéj sekundzie drogę *ab*. Równocześnie działa na to ciało druga siła, ciągnąca je nieustannie do punktu *c*. Gdyby ta siła sama tylko działała, przebyłoby ciało w pierwszéj sekundzie drogę *ad*. Wskutek równoczesnego działania obu tych sił podąży ciało ruchem wypadkowym od *a* do *e*. W punkcie *e* ciało, pozostawione samo sobie, biegłoby na mocy bezwładności daléj ruchem jednostajnym i przebyłoby w ciągu drugiéj sekundy drogę $ef = ae$; a że w punkcie *e* ciągnie ku *c* ponownie siła dośrodkowa, wywołująca ruch w tymsamym czasie od *e* do *g*, podąży ciało, podobnie jak w pierwszéj sekundzie, ruchem wypadkowym od *e* do *h* i t. d. Ruch wypadkowy ciała po linii krzywéj *aeh* zowie się ruchem centralnym albo dośrodkowym, a punkt *c*, do którego ciągnie siła dośrodkowa, nazywamy środkiem ruchu centralnego.

Fig. 44.



Jeśli ciało wiruje w około stałéj osi, to każda cząstka tego ciała wykonuje ruch centralny po kole.

Księżyc obiega naszę ziemię ruchem centralnym. Podobnym ruchem okrążają planety słońce.

Środek ruchu centralnego dla księżyca tworzy nasza ziemia, a słońce jest środkiem ruchu centralnego dla dróg planetarnych, które są elipsami o bardzo małym mimośrodzie.

Zasługa wykrycia i udowodnienia ruchu ciał niebieskich należy się Mikołajowi Kopernikowi, który wypowiedział pierwszy twierdzenie, że słońce jest owém ciałem środkowém, około którego krążą wszystkie planety, należące do systemu słonecznego.

Keppler wykrył na podstawie dokładnych obserwacyj następujące ważne prawa:

1. Drogi planet są elipsami, w których ognisku słońce się znajduje.

2. Chyżość, z jaką się poruszają planety około słońca, jest zmienną, a mianowicie największą wtedy, gdy planeta znajduje się najbliżéj słońca, zaś najmniejszą, gdy planeta jest od słońca najbardziéj oddaloną.

§. 77. Siła odśrodkowa. Woda z kubka, przewróconego dnem do góry, wylewa się na ziemię pod działaniem siły ciężkości. Tensam kubek, napełniony wodą, przytwierdzam do sznureczka i rozkołysawszy kubek ostrożnie, każę mu wirować około ręki. Podczas każdego obrotu widzę, iż kubek od czasu do czasu przewraca się do góry dnem, a woda z niego nie wycieka.

Z tego doświadczenia wynika, iż podczas obrotu kubka siła jakaś przeciwdziała sile ciężkości i nie pozwala wodzie wypłynąć.

Podczas ruchu obrotowego (centralnego) budzi się siła, zwana siłą odśrodkową, która działa wzdłuż promienia od środka koła, po którém ciało wiruje w danéj chwili.

Zapomocą wirownicy, t. j. przyrządu, którym wprowadzić można rozmaite ciała w ruch obrotowy, stwierdzono, iż *siła odśrodkowa jest tém większą, im większy jest ciężar ciała wirującego i im większą jest chyżość obrotu.*

Ziemia wykonuje ruch obrotowy naokoło swéj osi. Cząsteczki ziemi i przedmioty, znajdujące się na powierzchni ziemi, usiłują oderwać się pod działaniem sił odśrodkowych i polecieć następnie w kierunku stycznym. Temu działaniu siły odśrodkowéj opiera się siła ciężkości, która ją przeważa. *Siła odśrodkowa umniejsza siłę ciężkości na każdém miejscu ziemi.*

Ponieważ siła odśrodkowa jest największą na równiku, dlatego wypadkowe działanie siły ciężkości będzie tu najmniejsze. Punkt ziemi na biegunie nie rozwija żadnéj siły odśrodkowéj, tam téż działać będzie całkowita siła ciężkości.

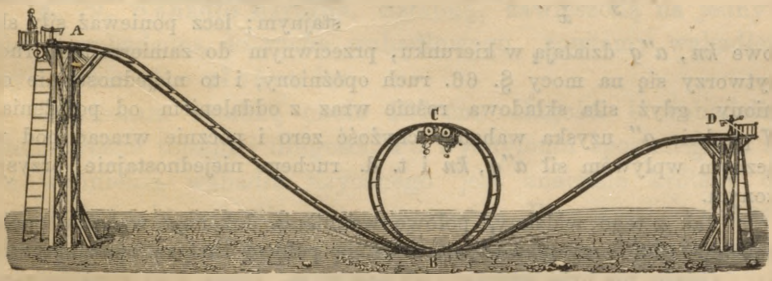
Kiedy siła ciężkości byłaby jednakową na wszystkich miejscach ziemi?

Siły odśrodkowe, działające na cząstki ziemi, wirującéj naokoło swéj osi, były powodem spłaszczenia ziemi, gdyż, działając najmocniéj na równiku, wyciągnęły podatną masę ziemi w tém miejscu i nadały całéj ziemi postać sferoidu (kuli spłaszczonéj), podobnie jak to widzimy u sprężystych pierścieni na wirownicy. Średnica równika wynosi 12754·8 Km., oś ziemska 12712·16 Km., a zatém spłaszczenie 42·64 Km.

Wytłómaczyć następujące działania siły odśrodkowéj: Procą rzucę kamień daléj, aniżeli ręką. Koń, galopujący w około, pochyla się cały ku środkowi. Szklankę, napełnioną wodą, stawiam na wewnętrzną płaską powierzchnię obręcza; rozkołysawszy ostrożnie obręcz, mogę nim wywijać na około, a szklanka nie spadnie ani się nie wyleje z niéj woda. Szybko wirujące koła u wozu rzucają błotem, a kamienie ślifierskie pryskają wodą. — Ziarnka zboża wpadają pod kamień młyński otworem, umieszczonym w jego środku; dlaczego następnie cała powierzchnia kamienia młyńskiego rozciera ziarnka, przez ów otwór wpadające, i dlaczego mąka wychodzi otworem, zrobionym na obwodzie pudła, które kamień otacza? Gęstwę cukrową można szybko osuszyć, jeśli ją umieścimy w walcu wydrążonym podziurkowanym i poddamy walec szybkiemu obrotowi. W ten sposób można osuszać bieliznę wypraną. Wagony wykolejają się na zakrętach; chcąc zapobiec temu, musimy kłaść szyny nieco wyższe po stronie zewnętrznéj zakrętu.

Wianie zboża zapomocą wiejaczki i zapomocą młynka! Wózek, wypuszczony po szynach z punktu *A* (fig. 45.), stoczy się do *B*, objedzie po szynach zwiniętych w koło i wyjedzie aż do punktu *D*. Dlaczego wózek wraz z osobami nie spadnie z punktu *C*?

Fig. 45.



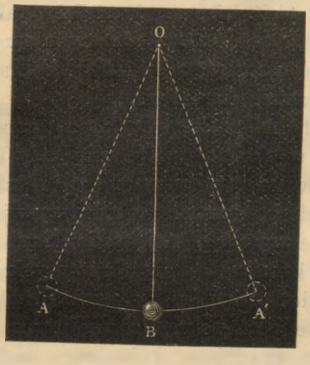
§. 78. Ruch wahadłowy. I. Przytwierdzam metalową kulkę *B* (fig. 46. str. 84.) do jednego końca cienkiéj niteczki, drugi koniec, zawiązany w uszko, zawieszam na haczyku w punkcie *O*. Kulka, wisząc swobodnie, wypręży pod działaniem siły ciężkości niteczkę i zniewoli ją do zajęcia położenia pionowego. Trwałość nitki i haczyka *O* znosi działanie siły ciężkości.

Kulkę tę wychylam w położenie *A* i po wypuszczeniu z ręki, spostrzegam, iż wykonuje ruch od *A* do *A'*, stąd napo-

*

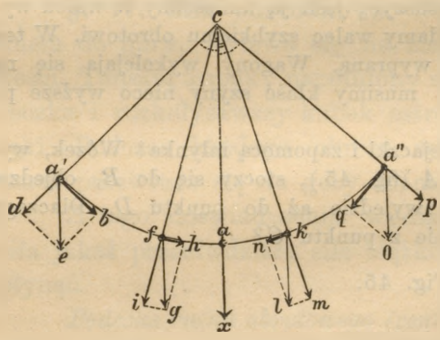
wrót do A i t. d. Kulkę, w ten sposób zawieszoną, zowiemy wahadłem matematycznem, OB zowie się długością wahadła, droga od A do A' jednem wahnieniem, a czas, potrzebny do wykonania jednego wahnienia, czasem jednego wahnienia. Ruch wahadła przypomina ruch po równi pochyłéj raz w dół, drugi raz do góry, z tą tylko różnicą, że na równi było ciało deską podparte, a tu jest zawieszone na nitce.

Fig. 46.



Na wahadełko, wychylone w położenie ca' (fig. 47.), działa w kierunku pionowym siła ciężkości, przedstawiona graficznie odcinkiem $a'e$. Nie mogąc w tym kierunku wywołać ruchu, rozkłada się na dwie siły, z których $a'd$ wypręża nitkę, a składowa $a'b$ sprawia ruch po łuku $a'a$. Ponieważ w punkcie n. p. f poruszająca siła fh jest mniejsza od $a'b$, wynika, że ta składowa nie jest stateczną i że wywoła ruch niejednostajnie przyspieszony. Wahadełko posiada w położeniu a największą chyżość, stąd poruszałoby się na mocy bezwładności ruchem jednostajnym; lecz ponieważ siły składowe kn, $a''q$ działają w kierunku, przeciwnym do zamierzonego ruchu, wytworzy się na mocy §. 66. ruch opóźniony, i to niejednostajnie opóźniony, gdyż siła składowa rośnie wraz z oddaleniem od położenia a. W punkcie a'' uzyska wahadło chyżość zero i pocznie wracać pod wyłącznym wpływem sił $a''q$, kn i t. d. ruchem niejednostajnie przyspieszonym.

Fig. 47.



Jak z tego widzimy, połowę wahnienia dokonuje wahadło ruchem niejednostajnie przyspieszonym, a drugą połowę ruchem opóźnionym.

Gdyby nie było oporów (jak powietrza, tarcia przy punkcie zawieszenia i t. d.), kulka raz wychylona poruszałaby się bez przerwy daléj; atoli wskutek oporu wychylenia są coraz mniejsze, aż wreszcie kulka przechodzi do równowagi.

II. Sporządzam wahadła jednakowéj długości z kulkami rozmaitego ciężaru i rozmaitego materyału. Po wychyleniu wykonują wszystkie jedno wahnienie w czasie jednakowym.

1. Wahadła o równéj długości mają na témsamém miejscu jednakowy czas wahnienia.

2. Materyał i ciężar kulki nie wpływa na czas wahnienia.

Z powyższych praw wynika, że jedno i tosamo wahadło robi pełne wahnienia w czasach jednakowych. Doświadczenia atoli stwierdziły, że wychylenie nie powinno wtedy przenosić 6^0.

III. Wychylam 3 wahadła niejednakowéj długości: pierwsze ma długość 1 dm., drugie 4 dm., a trzecie 9 dm. Podczas gdy ostatnie zrobi jedno wahnienie, wykona średnie w tymsamym czasie dwa, a pierwsze trzy wahnienia. Dłuższe wahadła kołyszą się zatém pomaléj, a krótsze prędzéj.

Czas wahnienia wahadła 9 decymetrowego jest trzy razy większy od czasu wahnienia wahadła decymetrowego, czyli:

Czas jednego wahnienia jest proporcyonalny do pierwiastka z długości wahadła.

Ile razy pomaléj wahać będzie wahadło 36-decymetrowe od wahadła decymetrowego? Czas wahnienia wahadła metrowego wynosi jednę sekundę; ile metrów mieć będzie wahadło, kołyszące się 2 razy pomaléj?

IV. Przekonano się nadto, że wahadło téjsaméj długości, ustawione na rozmaitych miejscach ziemi, posiada nierówny czas wahnienia: większy bliżéj równika, a mniejszy czas wahnienia w okolicach bliżéj biegunów. Dlaczego?

Wysnuto rachunkiem i sprawdzono doświadczeniem, że czas wahnienia w daném miejscu równa się Ludolfinie, pomnożonéj pierwiastkiem z ułamka, którego licznikiem jest długość wahadła, a mianownikiem przyspieszenie ziemskie tego miejsca, czyli $t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$.

§. 79. Wahadło fizyczne. Sztabkę, zawieszoną na jednym końcu i pobudzoną do ruchu wahadłowego, zowiemy wahadłem fizycznėm albo złożonėm.

Zawieszam sztabkę około 150 cm. długości i wahadełko matematyczne téjsaméj długości. Po wychyleniu spostrzegam, że czas wahnienia wahadła fizycznego jest znacznie krótszy od czasu wahnienia wahadła matematycznego. Przyczyną szybszego wahania jest ta okoliczność, iż sztabka składa się z bardzo wielu cząstek, stale połączonych ze sobą, a oddalonych rozmaicie od punktu zawieszenia. — Cząstki te można uważać jako wahadła matematyczne rozmaitych długości, z których krótsze usiłują szybcéj wahać i pobudzają témsamém owe dłuższe wahadła do pospieszniejszego ruchu. Chcąc, aby wahadełko matematyczne było równoczasowe podczas wahnień z wahadłem fizycznėm, należy je stosownie skrócić.

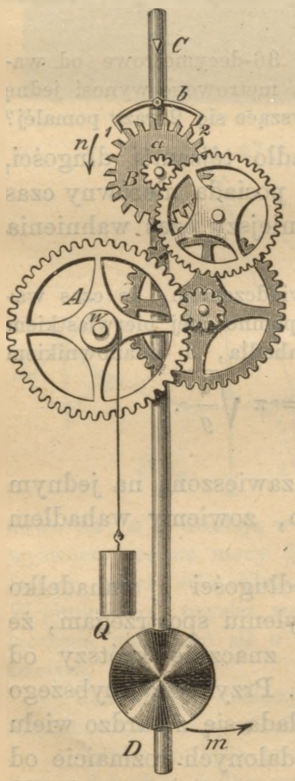
W naszym przykładzie wahadło matematyczne o długości około 100 cm. jest równoczasowe z wahadłem fizycznėm 150 cm.

Wahadło fizyczne waha prędzéj, aniżeli matematyczne téjsaméj długości.

Długość wahadełka matematycznego, równoczasowego z wahadłem fizycznem, zowie się sprowadzoną długością tego wahadła fizycznego.

§. 80. Zastosowanie wahadła. Ponieważ czas wahnienia wahadła o pewnéj długości jest niezmienny na jedném i témsaméм miejscu, można użyć wahnień wahadłowych do mierzenia czasu. Huyghens Holenderczyk sporządził pierwszy tak zwany zegar wahadłowy.

Fig. 48.



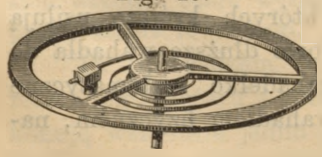
Składa on się z kilku kółek zazębionych (fig. 48.), połączonych ze sobą w ten sposób, iż obrót jednego kółka powoduje ruch obrotowy wszystkich kółek. Naokoło wału *W* kółka *A* owijamy sznur, wyprężony ciężarem *Q*. Ciężarek ten, usiłując spaść na dół ruchem jednostajnie przyspieszonym, poruszyłby w tensam sposób kółko zazębione na wale *A*, a za tém kółkiem i wszystkie inne. Ruch ten przyspieszony reguluje wahadło *CD*, zawieszone nad kółkiem *B*, zwaném kołem spotkania. Do wahadła przytwierdza się haczykowatą listewkę *b*, zwaną wychwytem kotwicowym, albo krótko kotwicą.

Podczas ruchu wahadła zachodzą zęby 1 i 2 naprzemian na prawo i na lewo poza zęby koła spotkania, wstrzymując je tym sposobem, a za pośrednictwem trzech innych kółek i ciężar opadający *Q*.

Zęby koła spotkania ślizgają się po nadciętych końcach wychwytu i udzielają wahadłu zapomocą wywieranego ciśnienia rozpędu do dalszego ruchu i do pokonywania oporów.

W zegarach kieszonkowych zastępuje sprężyna (nawinięta na kole spotkania) ciężarek *Q*, a rozwijanie téj sprężyny jednostajne uskutecznia się tym sposobem, że małe kółko rozpędowe (fig. 49.), utrzymywane w ruchu zapomocą sprężynki, włosem zwanéj, wykonuje pół obrotu w prawo i w lewo w jednakowym czasie, a zawadzając kolcem o ząbki kółka spotkania, reguluje jego ruch niejednostajny.

Fig. 49.



Ponieważ czas wahnienia danego wahadła zależy od oddalenia jego środka ciężkości od punktu obrotu, przeto ze zmianą temperatury uléc musi zmianom i czas wahnienia wskutek rozszerzalności materyału, z którego wahadło zrobione. Ażeby czas wahnienia uczynić niezależnym od zmian w wydłużeniu,

jakim podpada pręt wahadłowy, używa się takzwanych kompensacyi. Najdogodniejsza kompensacya rtęciowa polega na tém, iż rtęć, umieszczona w naczyńku podłużném szklaném, przytwierdzoném do pręta wahadłowego, rozszerza się do góry i utrzymuje przeto w niezmiennem położeniu środek ciężkości całego wahadła.

§. 81. Przeszkody ruchu. I. Tarcie. Powierzchnie ciał, nawet najstaranniéj wygładzone, posiadają zawsze stosunkowo znaczne wypukłości i zagłębienia, które zachodzą poza siebie w chwili, gdy te powierzchnie stykają się przy pewném ciśnieniu. Jeśli jedna powierzchnia ma się poruszać po drugiéj, muszą owe wypukłości, zaczepiające o siebie wzajemnie, albo zupełnie się pokruszyć albo pogiąć.

Ciało natrafia zatém podczas ruchu takie opory, zwane krótko tarciem. Tarcie należy uważać jako siłę, powstrzymującą ciało w ruchu. Rozróżniamy dwa rodzaje tarcia: 1) tarcie podczas ślizgania się czyli zsuwania ciała i 2) tarcie podczas toczenia się ciała.

Doświadczeniem wykryto dla tarcia podczas ślizgania, że: 1. Tarcie jest tém większe, im mocniéj ciśnie ciało na podstawę, w kierunku prostopadłym do téj podstawy. 2. Na tarcie nie wpływa wielkość powierzchni stykających się obu ciał, ani chyżość, z jaką się ciało porusza. 3. Tarcie podczas przejścia ciał ze spoczynku w ruch jest większe, aniżeli podczas samego ruchu. 4. Między ciałami różnorodnymi jest tarcie mniejsze, aniżeli między jednorodnymi. 5. Tarcie podczas toczenia się jednego ciała po drugiém jest mniejsze od tarcia podczas ślizgania.

II. Opór środka jestto opór, jaki ciecze lub gazy stawiają ciału podczas ruchu. Opór ten pochodzi stąd, że cząstki płynu lub gazu rozsunąć się muszą, aby ciału poruszanemu zrobić miejsce.

Opór środka jest tém większy, im większą powierzchnią ciało rozsuwa cząstki tego środka. Kształt ptaków, ryb, okrętów i t. d.

Opór środka zależy nadto od chyżości, z jaką ciało się porusza. Jeśli n. p. ciało 3 razy prędzéj się porusza, to opór jest 9 razy większy, jeśli dąży z chyżością cztéry razy większą, opór zwiększa się szesnaście razy.

§. 82. Machiny. Siły, napotykane w przyrodzie, zużytkowujemy zapomocą osobnych przyrządów, zwanych machinami. Na machinach kierunek działającéj siły nie zgadza się najczęściéj z kierunkiem ruchu owego punktu, na który siła działa.

Do machin zaliczamy dźwignię, kołowrót, bloki, równię pochyłą, klin i śrubę.

Powyższe machiny zowiemy prostymi; jeśli jakiś przyrząd składa się z kilku prostych machin, natenczas zowiemy go machiną złożoną.

Zwykłém zadaniem każdéj machiny jest poruszyć jakieś ciało, albo pokonać dany opór.

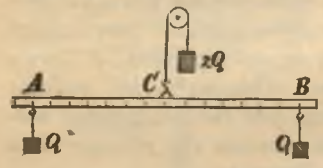
Tak ciężar poruszanego ciała, jak i wielkość pokonywanego oporu, zowiemy krótko ciężarem, a siłę, która ma to załatwić, zowiemy siłą.

Chcąc oznaczyć wielkość siły, która zdoła poruszyć dany ciężar zapomocą machiny, najlepiéj postąpimy, jeśli wykryjemy warunki, wśród których siła równoważy ciężar. Natenczas wystarczy nieznaczne zwiększenie téj już oznaczonéj siły, a ciężar wykona na machinie ruch pożądany.

Przy ustaleniu praw dla poszczególnych machin, nie uwzględnialiśmy ciężaru części saméj machiny, ani oporów, działających podczas ruchu ciężaru.

§. 83. Dźwignia jestto sztywny drąg, w jakimś punkcie podparty, na który działa siła, równoważąca ciężar.

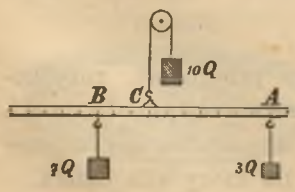
Fig. 50.



Drąg taki, podparty w środku ciężkości C (fig. 50.), pozostaje w równowadze w położeniu poziomém. Po obu stronach punktu zawieszenia przytwierdzam równe ciężarki i posuwam jeden z nich tak długo, dopóki ponownie nie nastąpi równowaga. Po uzyskanéj równowadze spostrzegam, że oba ciężarki są jednakowo oddalone od osi obrotu C. Wypadkowa tych ciężarków, wynosząca $2Q$, zaczepia w punkcie C i równoważy się ze siłą $2Q$, działającą na sznur, przesunięty przez bloczek.

Oddalenie punktu zaczepienia ciężaru do osi obrotu zowiemy ramieniem ciężaru, a oddalenie punktu zaczepienia siły od osi obrotu, ramieniem siły.

Fig. 51.



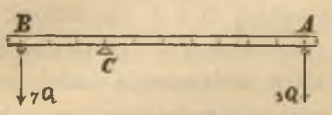
Zawieszam po stronie B (fig. 51.) ciężar $7Q$; chciałbym po drugiéj stronie użyć siły $3Q$ i sprowadzić nią równowagę.

Posuwam oba ciężarki tak długo, dopóki rzeczywiście nie nastąpi równowaga. W chwili uzyskanéj równowagi punkt zaczepienia ciężaru ($7Q$) oddalony jest od osi C o 3 cm., a punkt zaczepienia siły ($3Q$) oddalony od osi obrotu o 7 cm.

Z ostatniego doświadczenia widzimy, że:

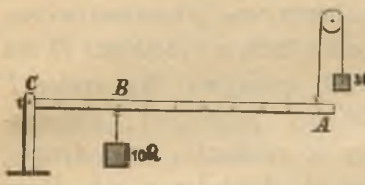
Ile razy ramię siły jest większe od ramienia ciężaru, tyle razy mniejszą siłą zrównoważę dany ciężar zapomocą dźwigni.

Fig. 52.



Jeżeli punkt podparcia dźwigni umieścimy między punktami zaczepienia siły i ciężaru, uzyskamy dźwignię dwuramienną (fig. 52.)

Fig. 53.



Na fig. 53. punkty zaczepienia sił leżą po jednéj stronie punktu podparcia; *BC* jest ramieniem ciężaru, *AC* ramieniem siły. Z doświadczenia, na figurze przedstawionego, wynika, że dźwignia jednoramienna stosuje się do prawa, przytoczonego powyżéj: i tu bowiem ma się siła do ciężaru odwrotnie do długości ramion tych sił.

Powyższą regułę można napisać w kształcie proporcyi:

$$P : Q = CA : CB \ldots . \quad 1)$$

W proporcyi rzetelnéj iloczyn wyrazów skrajnych równy jest iloczynowi wyrazów średnich, zatém $P.AC = Q.BC \ldots . \quad 2)$

W mechanice nazywają iloczyn ze siły i z ramienia siły momentem siły. Na dźwigni moment siły równy jest momentowi ciężaru w chwili równowagi.

Gdyby we wzorze 1) był niewiadomy jeden wyraz, można go oznaczyć zapomocą téj proporcyi. Jeśli ciężaru saméj dźwigni nie uwzględniamy, uważając ją jako linią sztywną i nie ciężką, to taka dźwignia zowie się matematyczną. W każdym innym wypadku dźwignia jest fizyczną. Na dźwigni fizycznéj należy przed zaczepieniem siły i ciężaru zrównoważyć samę dźwignię.

Zastosowanie dźwigni. Dźwigni używamy w bardzo wielu przypadkach, nadając jéj rozmaite postacie. Jako drąg, w jednym punkcie podparty, służy do podnoszenia ciężarów. Rydel, którym bryły ziemi przewracamy, jest dźwignią dwuramienną. Nożyczki i obcęgi składają się z dwóch dźwigni dwuramiennych. Dziadek do tłuczenia orzechów, nożyce, służące do postrzygania, składają się z dwóch dźwigni jednoramiennych. Młotek dwuzębny, do wyciągania gwoździ, jest dźwignią kątową.

Oznaczyć rodzaj dźwigni w postaci taczek, wiosła, rzezaku u sieczkarni, ramion u człowieka, cepów oburącz trzymanych, podnóżków ruchomych przy kołowrotkach, tokarniach i t. d.!

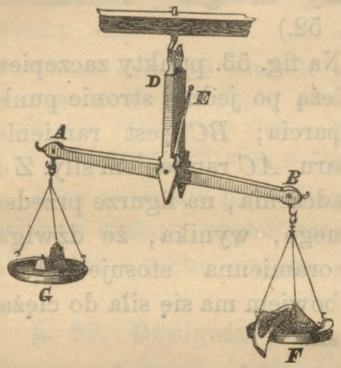
Oznaczyć, u których z tych narzędzi siła działająca musi być większą od ciężaru!

§. 84. Waga. Najważniejszém zastosowaniem dźwigni jest waga. Wagi są to przyrządy, służące do oznaczenia ciężaru ciał.

Najczęściéj używane wagi są: 1) waga zwyczajna, 2) przezmian, 3) waga dziesiętna.

1) Waga zwyczajna jestto dźwignia dwuramienna i równoramienna (fig. 54.), podparta na osi, w widełkach osadzonéj; na obu końcach są zawieszone szalki *G* i *F* na sznurkach lub łańcuszkach. Ułożenie obu punktów zaczepienia szalek na linii poziomej wskazuje języczek *E*, przymocowany na dźwigni nad osią obrotu; wtedy bowiem tworzy on jednę linią z widełkami *D*, na których spoczywa. Na szalce *F* kładziemy przedmiot, przeznaczony do zważenia, a na drugiéj szalce *G*, dokładamy tak długo znane ciężarki, dopóki nie nastąpi równowaga w położeniu poziomém belki *AB*.

Fig. 54.



Waga powinna być: *a)* rzetelną, *b)* czułą.

Waga jest rzetelną, jeżeli przedmiot, położony na jednę szalkę, rzeczywiście tyle waży, ile wskazują ciężarki, umieszczone na drugiéj szalce, przy uzyskanéj równowadze.

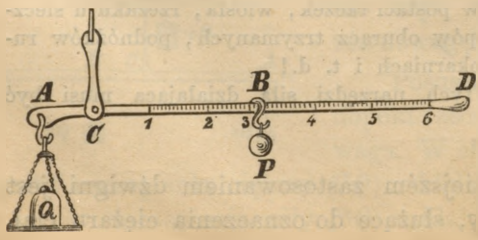
Każda waga powinna być rzetelną.

Mechanik musi baczyć przy wykonaniu wagi rzetelnéj, aby oba ramiona wagi były równo długie i równo ciężkie, aby szalki posiadały jednakowy ciężar, wreszcie, aby środki ciężkości obu ramion były w jednakowém oddaleniu od osi obrotu.

Waga jest czułą, jeśli najmniejsza nadważka lub niedoważka na którejkolwiek szalce wychyla języczek z położenia pionowego.

Przy sporządzaniu wagi czułéj należy uważać, by ramiona były długie a przytém lekkie, by ciężar szalek był nieznaczny, by wyrobienie belki było jednostajne wzdłuż całéj jéj długości. Ostatni warunek jest dla mechanika bardzo trudny do wykonania; dlatego wagi czułe są drogie i bywają używane przeważnie w laboratoryach chemicznych.

Fig. 55.



Wagi aptékarskie powinny być czułe do pewnego stopnia. Dlaczego?

b) Przezmian albo skorowaga jestto dźwignia dwuramienna. Składa się z belki *AD* (fig. 55.),

przedzielonéj punktem podparcia C na dwie nierówne części AC i CD. W punkcie A na krótszém ramieniu przytwierdzamy szalkę albo haczyk, na którym przedmiot do ważenia może być zawieszony. Ciężar krótszéj belki wraz z szalką lub hakiem tak jest dobrany, iż utrzymuje w równowadze dłuższą belkę CD.

Położywszy na szalce przedmiot Q, przeznaczony do zważenia, przesuwamy znany ciężarek P na dłuższém ramieniu dopóty, póki języczek nie wskaże, iż belka zajmuje położenie poziome.

Ciężar Q jest tyle razy większy od ciężaru P, ile razy oznaczony na dłuższém ramieniu odstęp BC dłuższy jest od ramienia AC.

Odstępy AC odcina się na CD karbami, w które zapada haczyk B podczas przesuwania ciężarku P, wynoszącego 1 Kg.

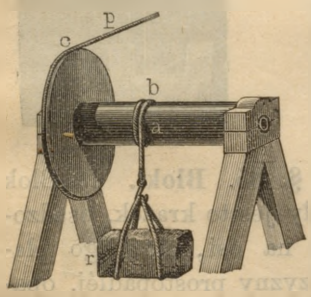
c) Waga dziesiętna. Przy ważeniu ciężkich przedmiotów jest rzeczą bardzo uciążliwą, dźwigać je na jednę szalę i nakładać ciężarki téjsaméj wagi na drugą szalę. Na wadze dziesiętnéj ciężarek, wynoszący $^1/_{10}$ część wagi przedmiotu ważonego, utrzymuje go w równowadze.

Waga dziesiętna składa się z trzech dźwigni, z których jedna jest dwuramienną, a inne są jednoramienne.

W urzędach akcyzowych i na kolejach używają często wag centezymalnych, na których $P = \frac{1}{100} Q$.

§. 85. Kołowrót czyli koło na wale składa się z walca (fig. 56.), obracającego się naokoło czopów, w panewkach osadzonych. Na jego obwodzie osadzamy krążek współśrodkowy o znacznie większym promieniu.

Fig. 56.



Ciężar r, zawieszony na sznurze, owijającym wał, działa w kierunku stycznym do wału, a siła p w kierunku stycznym do obwodu koła.

Jeśli promień koła jest cztery razy większy od promienia wału, to sprawdzić można doświadczeniem, że siła p, wynosząca czwartą część ciężaru r, zrównoważy cały ciężar.

Ile razy promień koła jest większy od promienia wału, tyle razy mniejszą siłą zrównoważę na kołowrocie dany ciężar.

Kołowrót w przekroju przedstawia dźwignię dwuramienną; sprawdzić to rysunkiem i stwierdzić graficznie powyższe prawo!

Kołowrotu używają do wyciągania wody we wiadrach z głębokich studzien (fig. 56.), albo do poruszania wielkich ciężarów (fig. 57. str. 92.). Tak zwane kieraty w młocarniach i wodociągach są kołowrotami.

Często używają kołowrotów do przenoszenia ruchu na rozmaite części jakiéjś machiny złożonéj, n. p. koła młyńskiego (fig. 58. str. 92.),

na kółka zegarków (fig. 48.) i t. d., do poruszania foluszów (fig. 59.) i dźwigni jednoramiennych (fig. 60.) lub dwuramiennych (fig. 61.) u stęp.

Fig. 57.

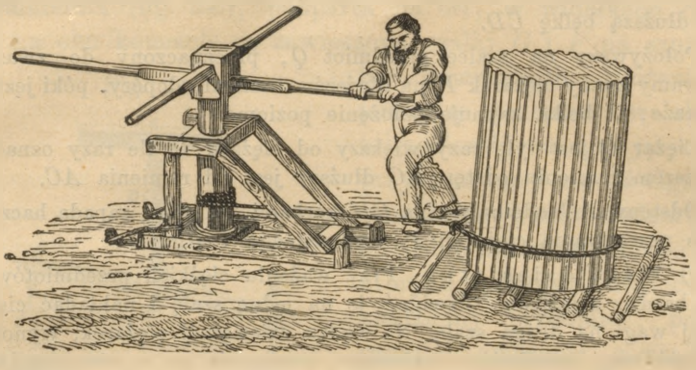


Fig. 58.

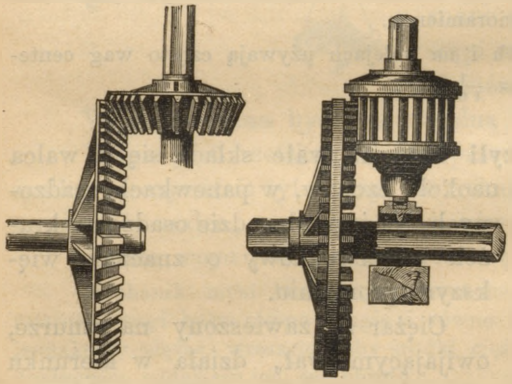


Fig. 59.

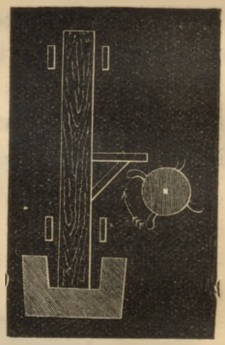


Fig. 60.

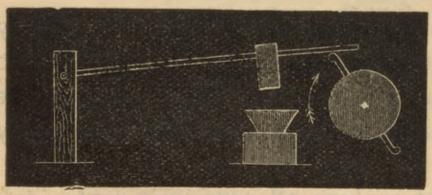
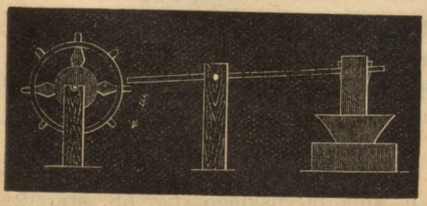


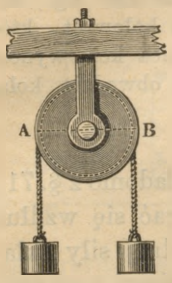
Fig. 61.



§. 85. Bloki. I. Blok stały jestto krążek, osadzony na osi, do jego płaszczyzny prostopadłéj, opatrzony na obwodzie rowkiem, przez który przesuwamy sznur giętki albo linewkę. Na jednym końcu sznura wisi ciężar, a na drugim końcu działa siła. Nazywa się stałym albo nieruchomym dlatego, że obraca się naokoło osi, przymocowanéj stale do belki

zapomocą widełek (fig. 62.). Blok stały nie jest niczém innem, jak dźwignią dwuramienną, a że ramiona téj dźwigni są promieniami tegosamego koła, musi być siła równą ciężarowi, który ma zrównoważyć.

Fig. 62.



Na bloku stałym w chwili równowagi siła równa się ciężarowi.

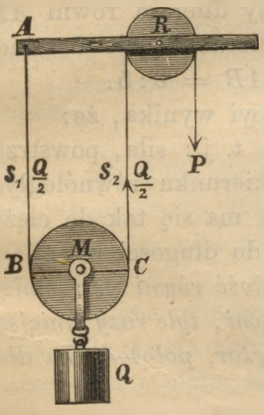
Blok stały, jakkolwiek nie zmniejsza siły, równoważącéj ciężar, bywa bardzo często używany, gdyż przemienia dany kierunek siły na inny dogodniejszy.

Podnoszenie wapna, cegieł na wyższe piętra, uskuteczniamy zapomocą bloka stałego.

Użyciem bloków, podstawionych pod sunące się ciało, zmniejszamy tarcie. Dlaczego? Koła u wozów, ciężary przymykające drzwi i t. d.

II. Blok ruchomy (fig. 63.) zmienia podczas obrotu położenie razem ze swoją osią. Do widełek, utwierdzonych na osi krążka, przyczepiamy ciężar, ciągnący pionowo w dół.

Fig. 63.



Jeden koniec sznurka, podpasującego blok, przytwierdzamy do belki, a na drugim końcu działa siła, równoważąca ciężar.

Jeśli sznurki idą do siebie równolegle, natenczas ciśnienie ciężaru rozkłada się na dwie połowy, z których jedna, działająca zapomocą sznura s_1 na gwóźdź, wbity w belkę A, znosi się wytrzymałością tego gwoździa.— Drugą połowę tego ciężaru, działającego na sznur s_2, należy zrównoważyć taką samą siłą, równą $\frac{1}{2}Q$. Sznur s_1 przesuwamy dla dogodniejszego działania przez stały bloczek R.

Na bloku ruchomym siła, równoważąca ciężar, jest połową tego ciężaru, jeśli sznury idą do siebie równolegle.

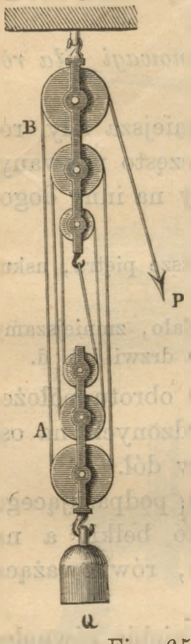
Połączenie bloków ruchomych ze stałymi, uwydatnione na (fig. 64. str. 94.), zowie się wielokrążkiem pospolitym. Jeżeli wielokrążek pospolity ma trzy bloki ruchome, to siła równoważąca jest $2 \times 3 = 6$ razy mniejszą od ciężaru; u 4 bloków ruchomych siła jest $2 \times 4 = 8$ razy mniejszą od ciężaru.

Fig. 65. str. 94. przedstawia połączenie samych bloków ruchomych, zwane wielokrążkiem potęgowym.

Zapomocą doświadczenia łatwo się przekonać, że dla kombinacyi 4 bloków siła równoważąca jest 4^2, czyli 16 razy mniejszą od ciężaru.

Narysować wielokrążek pospolity, na którym 64 Kg. możnaby zrównoważyć 8 Kg.? Jakby wyglądał wśród tychsamych warunków wielokrążek potęgowy?

Fig. 64.



Sznur, ciągnący kamień o ciężarze 100 Kg., zapomocą bloka ruchomego nawijam na kołowrót, którego wał ma średnicę 1 dm., a średnica koła wynosi 2 metr. Jakiéj siły należy użyć na obwodzie koła, aby zrównoważyć owych 100 Kg.?

§. 86. Równia pochyła. I. Jak wiadomo z §. 71., usiłuje ciało o ciężarze Q poruszać się wzdłuż równi pochyłéj pod wpływem jednéj siły składowéj, działającéj równolegle do równi pochyłéj.

Chcąc ciało, ważące n. p. 5 Kg., zatrzymać, należy przyczepić siłę $P = ad = 3$ Kg. (fig. 66.) w kierunku, do ad wprost przeciwnym. — Stosunek siły powstrzymującéj P do ciężaru Q jest następujący: $P : Q = 3 : 5$.

Podzielmy BC na trzy równe części i tąsamą jednostką wymierzmy długość równi AB, to się okaże, iż AB zawierać będzie 5 takich jednostek; a zatém: $BC : AB = 3 : 5$.

Fig. 65.

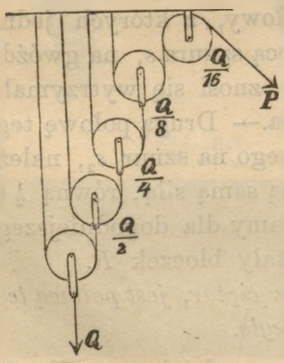
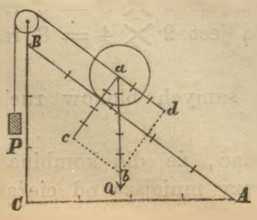


Fig. 66.

Z obu proporcyi wynika, że: $P : Q = BC : AB$, t. j.: siła, powstrzymująca ciężar w kierunku równoległym do długości równi, ma się tak do ciężaru, jak wysokość do długości równi.

Ile razy wysokość równi jest mniejszą od długości równi, tyle razy mniejszą siłą zrównoważę ciężar, położony na długości równi.

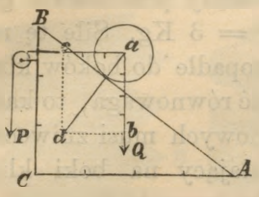
II. Czasem wypada powstrzymać na równi ciężar Q zapomocą siły, działającéj równolegle do szerokości AC równi pochyłéj. Wielkość siły powstrzymującéj oznaczymy w następujący sposób:



Ciężar $Q = 4$ Kg. (fig. 67. str. 95.) ciągnie pionowo w dół i spowoduje ruch wzdłuż równi pochyłéj. Jeżeli siła, działająca równolegle do szerokości równi, ma powstrzymać w ruchu to ciało, to złożona z ciężarem Q musi dać siłę wy-

padkową, prostopadłą do równi; wtedy bowiem zniesie jéj działanie trwałość równi, a ciało pozostanie w równowadze. Z punktu

Fig. 67.



a prowadzę *ad* prostopadle do równi, z punktu *b* uzupełniam równoległobok sił, tak aby *ad* była przekątnią w tym równoległoboku, i otrzymuję témsamém żądaną siłę powstrzymującą $P = ac = 3$ Kg.

W tym wypadku ($P : Q = 3 : 4$) dzielę wysokość równi na 3 równe części i widzę, że 4 takich samych części będzie zawartych na szerokości równi *AC*. Stosunek wysokości do szerokości równi jest zatém $BC : AC = 3 : 4$, a zatém:

$$P : Q = BC : AC.$$

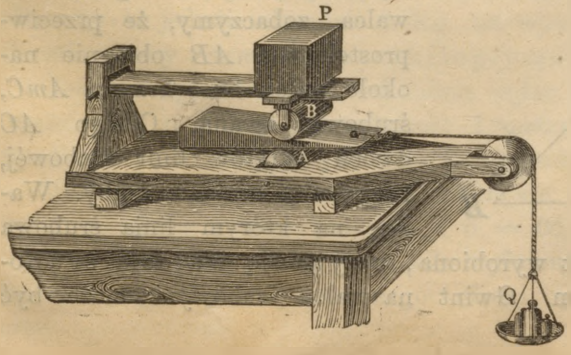
Siła, działająca równolegle do szerokości równi, jest tyle razy mniejszą od ciężaru, ile razy wysokość równi jest mniejszą od szerokości równi.

Nakładanie beczek na wozy, wywożenie materyału taczkami na górne piątra budowli, odbywa się po równiach pochyłych; okręty spuszcza się z warsztatów, albo wyciąga na brzegi po równi pochyléj. Skopywanie stromych pagórków, przy budowie dróg, prowadzenie wiaduktów, nasypów i t. d. uskutecznia się w tym celu, aby przedłużyć pochyłość gór, a témsamém uczynić długość równi większą w porównaniu z wysokością.

§. 87. Klin. Graniastosłup prosty, którego przekrój, równoległy do podstawy, jest trójkątem, nazywamy klinem. Powszechnie używany klin ma przekrój poprzeczny kształtu trójkąta równoramiennego.

Ramiona równe nazywamy bokami klina, trzeci bok głową klina. Siła działa zwykle prostopadle do głowy klina, popędzając ostrze klina w ciało, które mamy np. rozłupać. Opór, jakiego klin

Fig. 68.



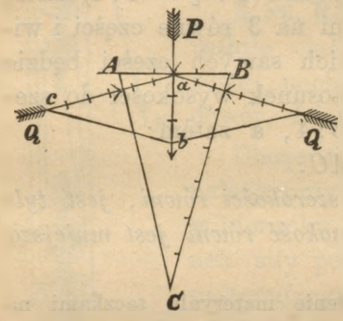
doznaje, jest prostopadły do ścian klina, a po obu stronach jednakowy.

Zapomocą przyrządu (fig. 68.) można wykryć doświadczeniem, w jakim stosunku pozostaje siła do ciężaru w razie równowagi

na klinie. Prostopadle do głowy klina działa siła 1 Kg. i utrzymuje w równowadze ciężar 8 Kg. Zatém siła P jest w tym wypadku 8 razy mniejszą od ciężaru Q.

Działanie siły i ciężaru na klinie możemy przedstawić graficznie. Na głowę klina działa np. siła $P = 3$ Kg. Siłę tę rozkładamy na dwie składowe (fig. 69.) i prostopadłe do boków klina.

Fig. 69.



Jeśli ma nastąpić równowaga, to każdą z tych sił składowych musi zniweczyć ciężar Q, działający na boki klina. Z figury wynika wprost, że:

$$P : Q = 3 : 6.$$

Wziąwszy w otwór cyrkla długość głowy klina AB, wymierzmy nią bok klina (BC), a łatwo przekonamy się, że głowa: boku $= 3 : 6$; z tego wynika, że siła ma się do ciężaru (oporu), jak się ma głowa do boku klina.

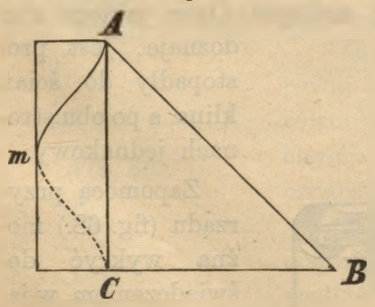
Ile razy głowa klina jest mniejszą od boku klina, tyle razy mniejszą od oporu siłą zrównoważę dany opór.

Klina używamy: 1) do podnoszenia ciężarów, 2) do wywierania wielkich ciśnień (prasy klinowe), 3) do oddzielania (łupania) części ciała, 4) do przytwierdzania ze sobą dwóch ciał.

Do którego z powyższych zastosowań należy klin w postaci: siekiery, noża, łopaty, pługa, brony, igły, nożyczek, dłuta, piłki, pilnika, rożna, gwoździa i t. d.?

§. 88. Śruba. Obwijając walec prosty (fig. 70.) trójkątem prostokątnym, np. z papieru wyciętym, tak, aby jedna przyprostokątnia AC była równoległą do osi walca, druga zaś przyprostokątnia BC osłonić mogła obwód walca, zobaczymy, że przeciwprostokątnia AB obiegnie naokoło walca linią krzywą AmC, śrubową zwaną. Odstęp AC dwóch skrętów linii śrubowéj, nazywamy krokiem śruby. Walec, na którym linia śrubowa (gwint) wypukło jest wyrobiona, nazywa się walcem śrubowym albo klonem. Gwint na walcu śrubowym może być

Fig. 70.



ostry (fig. 71.) albo płaski (fig. 72.). Walec wydrążony, o gwincie rowkowanym (zagłębionym), nazywamy wlotem albo nasadą śrubową. Obie części tworzą tak zwaną śrubę (fig. 73.).

Fig. 71.

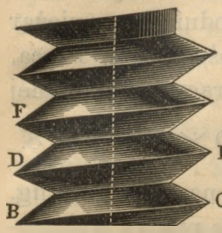
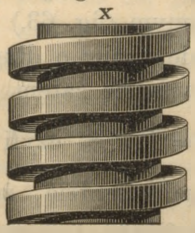


Fig. 72.

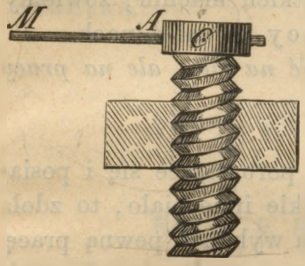


Na śrubie siła działa najczęściéj w kierunku stycznym do obwodu klonu, a ciężar równoważony ciągnie równolegle do osi klonu. Sprowadzając działanie siły i ciężaru do równi pochyłéj *ABC* (fig. 70.), na walec nawiniętéj, widzimy, że siła działa równolegle do podstawy (obwodu walca), a ciężar równolegle do wysokości równi pochyłéj (kroku śruby). Z powyższego wywodu wynika, że:

U śruby siła ma się do ciężaru, jak krok śruby do obwodu walca.

Im mniejszym jest zatém krok śruby, a im większy obwód walca, tém mniejszą siłą zrównoważę dany ciężar.

Fig. 73.



Śruby używamy 1) w postaci przyrządów do podnoszenia wielkich ciężarów na nieznaczne wysokości, 2) jako prasy śrubowéj, 3) do przytwierdzenia do siebie dwóch przedmiotów.

Do któréj z powyższych kategoryi należy prasa drukarska i introligatorska, prasa roślinna, śruba hamulcowa i t. d.?

Czy (fig. 73.) przedstawia machinę prostą czy złożoną? Jaką odnosimy korzyść z drugiéj z nią połączonéj machiny? — Klucze śrubowe.

§. 89. Praca. Jeśli siła jakaś podniesie dany ciężar na pewną wysokość, wtedy mówimy: siła wykonała pracę.

Za jednostkę pracy przyjęto ową pracę, jaką wykona siła, podnosząc w jednéj sekundzie 1 Kg. na wysokość 1 metra. Tę jednostkę pracy nazwano metrokilogramem.

Jeśli siła podniesie w 1 sekundzie ciężar 1 Kg. na wysokość 7 metrów, albo 7 Kg. na wysokość 1 metra, to w obu tych wypadkach wykonała pracę 7 metrokilogramów.

Jeśli jakaś siła wyniesie w 1 sekundzie 7 Kg. na wysokość 5 metrów, wtedy wykona pracę $7 \times 5 = 35$ metrokilogramów.

Wielkość pracy, jaką dana siła wykonuje, wyrażamy iloczynem z wagi ciężaru poruszonego i drogi, jaką przebiegł ten ciężar.

Przy oznaczeniu pracy na machinach większych, nazywamy pracę, równającą się 75 metrokilogramom w jednéj sekundzie, siłą jednego konia, albo lepiéj pracą jednego konia. Taką pracę wykona koń średniéj siły w czasie jednéj sekundy.

Jeżeli np. na bloku ruchomym (fig. 63.) podniesiemy ciężar Q na 4 cm., to siła P wyciągnie sznur o długości 8 cm. Praca, wykonana przez ciężar Q, równa się zatém pracy, wykonanéj zapomocą siły P, gdyż $Q \times 4 = P \times 8$, czyli $Q \times 4 = \frac{Q}{2} \times 8$.

W podobny sposób można stwierdzić, że na dźwigni (fig. 52.) praca, uskuteczniona przez ciężar, równa się pracy, wykonanéj zapomocą siły.

Tosamo prawo stosuje się do wszystkich machin; zowiemy je dlatego prawem zachowania pracy na machinach.

Zapomocą machin można zaoszczędzić na sile, ale na pracy niema żadnego zaoszczędzenia.

§. 90. Zderzenie ciał. Gdy ciało, poruszające się i posiadające zatém pewną chyżość, uderzy o jakie inne ciało, to zdoła je także do ruchu pobudzić, a témsamém wykonać pewną pracę.

Dlatego mówimy: *każde ciało poruszające się posiada zdolność wykonania pracy.*

Doświadczeniem wykryto: 1. że gdy dwa ciała (n. p. 2 kule), poruszające się jedno za drugiém, zderzą się, natenczas wyrównywują swe chyżości, to znaczy: jedno bieży za drugiém z chyżością jednakową. Kula szybcéj bieżąca traci zatém nieco ze swéj chyżości, a druga powiększa tém swą chyżość. Tosamo się stanie, gdy jedna kula podczas biegu uderzy o drugą, pozostającą w spoczynku. Gdy różnica wielkości obu kul jest bardzo znaczna i gdy kula nieruchoma jest bardzo wielka, natenczas kula uderzająca odda jéj całą swą chyżość, lecz tém nie wywoła ruchu kuli większéj i pozostanie wskutek tego sama obok niéj w spoczynku.

2. Dwie kule sprężyste poruszają się po uderzeniu z chyżością niejednakową.

3. Jeśli kule zderzające się były ciężaru jednakowego, natenczas mieniają swe chyżości, to znaczy: kula A przejmie chyżość i kierunek kuli B, podobnie zaś kula B pobiegnie w kierunku ruchu kuli A; obie kule odskoczą zatém od siebie. Tosamo stanie się, gdy kula bieżąca A uderzy o drugą B, tegosamego ciężaru, ale pozostającą w spoczynku. Po zamianie chyżości pobiegnie kula B z chyżością kuli A, a ta ostatnia pozostanie w spoczynku.

§. 91. Podział mechaniki. Prawa ruchu i równowagi ciał, podane w tym rozdziale, stosują się do ciał stałych, do płynów i do gazów. Płyny i gazy stosują się atoli do praw powyższych tylko wtedy, jeśli porusza się jedna cząsteczka cieczy lub ciała lotnego. Jeśli zaś mamy do czynienia z wielkimi masami tych ciał, natenczas okazują one tak podczas ruchu jak i podczas równowagi szczególniejsze zachowanie, wynikające z odrębnych własności, właściwych tylko cieczom lub gazom. O tych własnościach cieczy i gazów dowiemy się z dwóch następujących rozdziałów. Wszystkie trzy rozdziały razem obejmować będą prawa ruchu i równowagi wszelkich ciał. Naukę o tych prawach, omawiających ruchy i równowagę wszelkich ciał, nazywamy mechaniką.

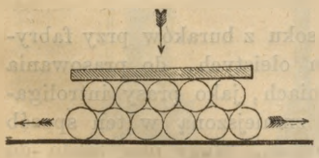
ROZDZIAŁ CZWARTY.

Nauka o równowadze i ruchu cieczy.

§. 92. Własności cieczy. Krążek wosku naciskam z góry drewnianym wałeczkiem. Wałeczek wgniata się pionowo w dół i usuwa tem samem cząstki wosku przed sobą, w około zaś pozostaje wosk niezmieniony, nie doznaje przeto żadnego ciśnienia w kierunku poziomym (ubocznym).

U ciał stałych rozchodzi się ciśnienie tylko w tym kierunku, w którym bywa wywierane.

Fig. 74.



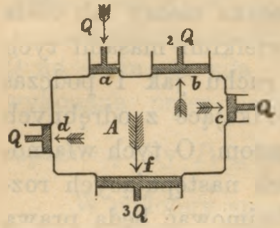
Układam na krążku z wosku kilka warstewek śrutu (fig. 74.) i nakrywam je ostrożnie deszczułką. Wywierając ciśnienie na tę deszczułkę pionowo w dół, spostrzegam, iż kuleczki śrutu nietylko wgniatają się w taflę wosku, ale nadto rozbiegają się bokami. Ciśnienie, wywierane na ruchome cząstki, rozchodzi się nietylko w kierunku nacisku, ale też na wszystkie możliwe strony.

Podobnie zachowują się cząstki cieczy, które są także nader ruchliwe. Przekonać się o tem można zapomocą następującego doświadczenia:

Napełniam wodą naczynie *A* (fig. 75. str. 100.), opatrzone pięciu rurkami i tyluż tłokami. Jeśli na tłok *a*, mający powierz-

chnię 1 □ cm., położę ciężar Q, to wysunie się nietylko dolny tłoczek f, ale i tłoczki b, c i d, jakkolwiek one nie leżą w kierunku wywieranego ciśnienia.

Fig. 75.

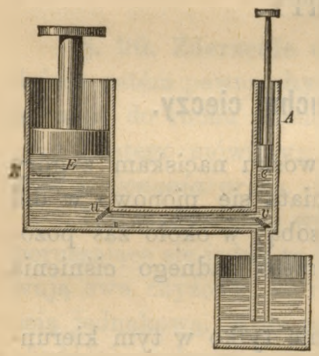


Równocześnie spostrzegam, iż tłoczek f, trzy razy większy od tłoczka a, poruszy się na dół ze siłą $3Q$, a tłok b, mający 2 □ cm., podniesie się w górę ze siłą $2Q$. Na każdą zatém jednostkę powierzchni naczynia przypada ciśnienie Q, czyli:

Ciśnienie, wywierane na ciecz, rozchodzi się we wszystkich kierunkach jednostajnie.

Jednostajne rozprowadzanie ciśnienia stwierdzić można zapomocą przyrządu, używanego w praktyczném zastosowaniu, a zwanego prasą Brahmy.

Fig. 76.



Prasa Brahmy (fig. 76.) składa się z dwóch walców metalowych A i B, połączonych ze sobą rurą. Do węższego walca wprowadzamy zapomocą pompy wodę albo oliwę, którą następnie tasama pompa do szerszego walca wytłacza. Ciecz, nagromadzająca się w szerszéj rurze, podnosi tłok E, opatrzony trzonkiem i płytą żelazną, którą przedmioty rozmaite przyciskać można do stałéj płyty żelaznéj, umieszczonéj nad tłokiem.

Jeżeli przekrój węższéj rury wynosi 1 □ cm., a ciecz w téj rurze doznaje zapomocą tłoka e (fig. 76.) nacisku 50 Kg., to ciśnienie, wywarte na szerszy tłok, o przekroju np. 100 □ cm., wyniesie $50 \times 100 = 5000$ Kg. Ciśnienie to można kilkakrotnie powiększyć zapomocą dźwigni, poruszającéj tłok.

Prasy Brahmy używają do wyciskania soku z buraków przy fabrykacyi cukru, do wytłaczania oleju z nasion oleistych, do prasowania sukna i papieru w fabrykach sukna i papierniach, jako prasy introligatorskiéj, do ugniatania siana, wełny, aby zmniejszoną w ten sposób objętość ciała uczynić dogodniejszą do przewozu. Służy ona także do podnoszenia wielkich ciężarów, n. p. mostów łańcuchowych i t. d.

§. 93. Zachowanie cieczy pod działaniem siły ciężkości. Podobnie jak pod ciśnieniem, wywartém zapomocą tłoka, zachowują się cząsteczki cieczy pod działaniem własnego ciężaru i ciężaru innych cząstek, które spoczywają nad nimi. Pod wpływem tego nacisku cząstki usiłują rozbiéc się na wszystkie strony, i wtedy tylko pozostaną w równowadze, jeżeli cisną prostopadle

do zapory (§. 71.), a ponieważ zaporę tą tworzy warstewka cieczy, niżéj położona, to musi ona leżeć w płaszczyźnie poziomej. Leżąca na niéj najwyższa warstewka, czyli powierzchnia wolna, musi być także poziomą.

Wychylenie cząstek w bok powstrzymują zwykle ściany naczynia, w którém ciecz umieszczono; a jeśli niema tych ścian, to ciecz rozlewa się.

1. Ciecz, pozostająca pod działaniem siły ciężkości, rozpływa się, niema zatém własnego kształtu.

W małych ilościach może spójność utrzymać ciecz w kształcie kuli. Krople deszczu i innych cieczy.

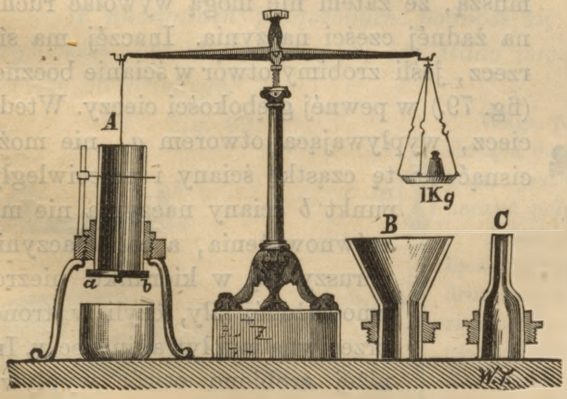
2. Ciecz, przechowana w naczyniu, przybiera kształt naczynia, z wyjątkiem powierzchni wolnéj, która jest zawsze poziomą.

Wielkie powierzchnie wód mają kształt kulisty, a to dlatego, że kierunki sił ciężkości, działających na odległych punktach ziemi, nie są równoległe, lecz przecinają się w środku ziemi. Powierzchnia, prostopadła do tych kierunków, musi posiadać kształt kuli. Przytoczyć na to kilka dowodów, znanych z geografii!

3. Ciecz, pozostająca w spoczynku, wywiera ciśnienie na dno i na ściany naczynia.

§. 94. Ciśnienie cieczy na dno naczynia. Napełniam wodą naczynie litrowe *A* (fig. 77.) kształtu walca, z dnem ruchomém, połączonem z ramieniem wagi, tak jakto figura wskazuje. Nieco większy ciężar od kilograma, położony na szalce, przytrzyma owo dno. Woda ciśnie zatém na dno ze siłą 1 Kg. Gdy użyję naczynia *B*, zawierającego dwa litry, lecz mającego tosamo dno i wysokość tęsamę, jak naczynie *A*, przekonam się, iż ciecz, ważąca w całości 2 Kg., ciśnie na dno ze siłą 1 Kg. W naczyniu *C*, mającém takiesamo dno i wysokość, jak poprzednie, lecz zawierającém tylko pół litra wody, utrzyma denko w równowadze 1 Kg., położony na szalce. Z tego doświadczenia wynika, że:

Fig. 77.



1. Ciśnienie cieczy na dno naczynia, mającego zresztą kształt dowolny, równa się ciężarowi słupa cieczy, którego podstawa równa jest powierzchni dna naczynia, a którego wysokość jest tasama, do jakiéj ciecz sięga w naczyniu.

2. Ciśnienie cieczy, wywierane na dno naczynia, jest tém większe, im szérsze jest dno i im wyższy słup cieczy wznosi się nad dnem naczynia. To prawo jest następstwem prawa pierwszego.

Fig. 78.

Na powyższém prawie polega urządzenie prasy Reala, służącéj do robienia wyciągów lub syrupów z rozmaitych roślin.

Wysoki słup cieczy (fig. 78.) ciśnie gwałtownie na sproszkowane ciało, np. kawę, zawartą w szérszém naczyniu *A*, i rozpuszcza składniki, które wraz z cieczą uchodzą kurkiem *a* do naczynia podstawionego.

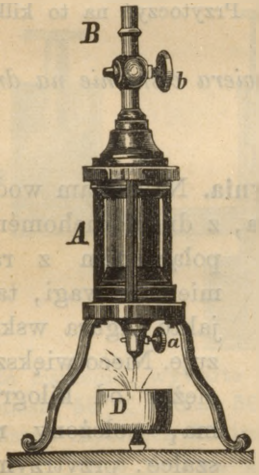


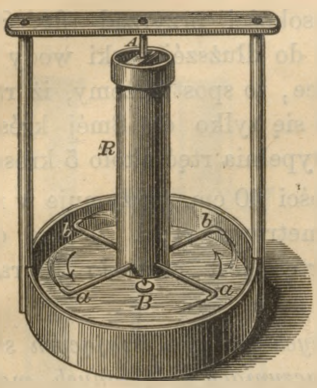
Fig. 79.

§. 95. Ciśnienie cieczy na ściany naczynia. Ciśnienie na przekrój ścian bocznych w pewnéj głębokości jest w każdym punkcie jednakowe, jeśli każdy punkt tego przekroju jest w jednakowém oddaleniu od powierzchni cieczy. A ponieważ każdemu punktowi tego przekroju odpowiada inny punkt ściany przeciwległéj, wynika stąd, że siły, wywierające ciśnienie na dwa przeciwległe punkty ściany, równoważyć się muszą, że zatém nie mogą wywołać ruchu na żadnéj części naczynia. Inaczéj ma się rzecz, jeśli zrobimy otwór w ścianie bocznéj (fig. 79.) w pewnéj głębokości cieczy. Wtedy ciecz, wypływająca otworem *a*, nie może cisnąć na tę cząstkę ściany i przeciwległy punkt *b* ściany naczynia nie ma zrównoważenia, a całe naczynie poruszy się w kierunku niezrównoważonéj siły, czyli w stronę, przeciwną wypływaniu cieczy. Im niżéj zrobiono otwór wypływu w ścianie naczynia, tém prędzéj porusza się naczynie wstecz.

Ciśnienie, jakie wywiera ciecz na ściany naczynia, nie jest jednakowe w każdéj głębokości na-

czynia, a mianowicie jest tém większe, im głębiéj pod powierzchnią leży uważana cząstka ściany.

Fig 80.

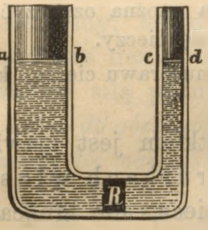


Dlaczego obraca się wodą napełniony wałeczek *AB* (fig. 80.) przyrządu, zwanego młynkiem Segnera, w kierunku strzałek?

§. 96. Naczynia połączone są to zwykle dwie rurki, o jednakowym lub niejednakowym przekroju, połączone ze sobą wąskim przewodem.

I. Wypełniając wodą naczynie połączone *abcd* (fig. 81.), spostrzeżemy, iż ciecz podniesie się w obu rurkach do jednakowéj wysokości.

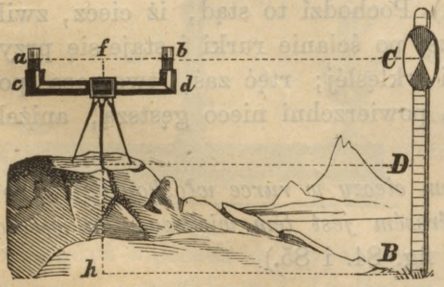
Fig. 81.



Zjawisko to da się z łatwością wytłómaczyć zapomocą ciśnienia na ściany boczne. Wewnątrz rureczki, łączącéj oba naczynia, łatwo sobie wyobrazić, że ścianka ruchoma *R*, utworzona np. z kropelki rtęci, wtedy pozostanie w równowadze, jeżeli ciśnienia, wywierane przez ciecz, z obu stron równoważyć się będą. Nastąpi to tylko wtedy, jeżeli w obu naczyniach wysokości słupów cieczy będą sobie równe.

W naczyniach połączonych podnosi się ciecz do jednakowéj wysokości, bez względu na to, czy jedno naczynie jest szersze lub węższe od drugiego.

Fig. 82.



Waga poziomowania (fig. 82.), służąca do wymiaru małych pagórków, jest zastosowaniem prawa naczyń połączonych.

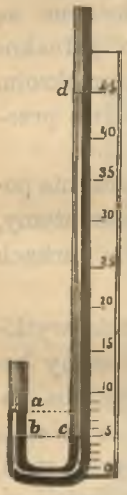
Jeżeli jedno ramię naczynia połączonego jest znacznie krótsze od drugiego, w którém ciecz swego poziomu nie obniża, natenczas ciecz, usiłując się podnieść i w krótszém ramieniu do jednakowéj wysokości, tworzy sztuczny wodotrysk.

W ten sposób można rozprowadzić rurami wodę ze zbiornika, wysoko położonego, do miejsc najodleglejszych i na górne piętra mieszkań. Wodociągi. Studnie artezyjskie, wiercone sztucznie, są to naczynia połączone w ziemi na wielkie rozmiary, których wyższe ramię, wypełnione wodą, powstało przez powolne wydrążenie gruntu pod znaczném ciśnie-

niem wody, ściekającéj w głębokie szczeliny gór, a krótsze ramię tworzy w dolinie sztucznie wywiercony kanał pionowy, sięgający w głąb aż do owego zbiornika.

II. Napełnijmy do pewnéj wysokości przyrząd (fig. 83.) najpierwéj rtęcią, następnie dolejmy do dłuższéj rurki wody aż do 45téj kréski na podziałce, to spostrzeżemy, iż rtęć w drugiéj rurce podniesie się tylko do 8méj kréski, a w obu rurkach spodem wypełnia rtęć około 5 kresek.

Fig. 83.



Słupek wody o wysokości 40 cm. utrzymuje w równowadze słupek 3-centymetrowy rtęci. Z tego doświadczenia widzimy, iż rtęć jest przeszło 13 razy gęstszą od wody.

Słupki dwóch różnorodnych (i nie mieszających się) cieczy, równoważące się w naczyniach połączonych, mają się do siebie odwrotnie jak gęstości tych cieczy.

Na podstawie powyższego prawa można oznaczyć gęstości rozmaitych a nie mieszających się cieczy.

Dlaczego nie podlegają powyższemu prawu ciecze, które mieszają się ze sobą?

III. Drugim pozornym wyjątkiem jest zjawisko w bardzo wąskich rurkach, czyli rurkach włoskowatych, gdyż ciecz, nie lgnąca do ścian rurki, jak n. p. rtęć w rurkach szklanych, układa się w rurce włoskowatéj niżéj, aniżeli w naczyniu szérszém (fig. 84.), zaś ciecz, zwilżająca rurki, jak n. p. woda, podnosi się w rurce włoskowatéj wyżéj, aniżeli w naczyniu szérszém (fig. 85.). Pochodzi to stąd, iż ciecz, zwilżająca rurkę, wspina się wyżéj po ścianie rurki i staje się przytém rzadszą na powierzchni wklęsłéj; rtęć zaś, tworząca powierzchnię wypukłą, jest na powierzchni nieco gęstszą, aniżeli w środku cieczy.

Fig. 84.

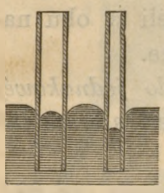
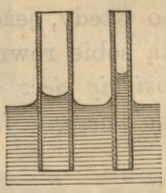


Fig. 85.

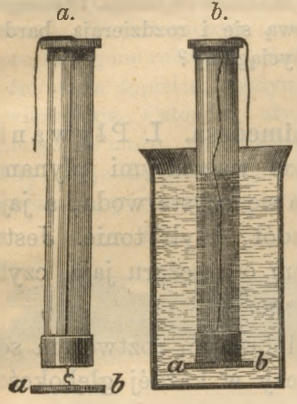


Różnica między poziomem cieczy w rurce włoskowatéj a poziomem cieczy w naczyniu szérszém jest tém większą, im węższą jest rurka włoskowata. (Patrz fig. 84. i 85.)

Ciała dziurkowate tworzą szereg bardzo wąziutkich rurek włoskowatych, w których ciecz do znacznéj wysokości podnieść się może. Dlaczego woda podnosi się w górę, gdy koniuszkiem umoczymy w wodzie gąbkę, bibułę, cukier i t. d.? Dlaczego podchodzą w górę soki w roślinach? Co wywołuje niekiedy zawilgocenie ścian?

§. 97. Pęd do góry. Rurkę szklaną (fig. 86. *a.*), opatrzoną denkiem wolném, na niteczce przytrzymaném, wciskam w wodę, umieszczoną w innym obszerniejszym słoju (fig. 86. *b.*). Denko, przedtém nitką przytrzymywane, przylgnie teraz szczelnie do rury, odcinając wszelki przystęp cieczy do jéj środka. Przyczyną tego przylegania jest ciśnienie, jakie ciecz wywiera z dołu do góry; — zowiemy je pędem do góry. Nalewając teraz ostrożnie cieczy do środka rury, spostrzeżemy, że denko tak długo jeszcze przylegać będzie do krawędzi rury, pokąd płyn w téj rurze nie dosięgnie poziomu cieczy, zawartéj w szérszém naczyniu. W téj chwili denko opada na dół. Z tego wnioskujemy, że wlany słup wody zrównoważył pęd do góry, a metalowe denko opadnie na dół, nie będąc obecnie podtrzymywaném siłą pędu do góry.

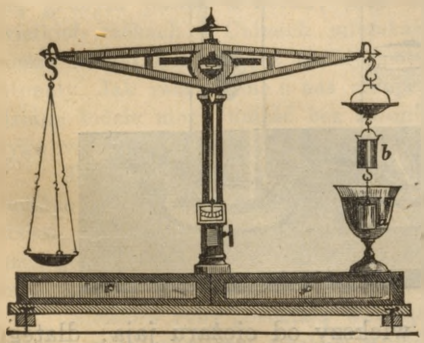
Fig. 86.



Pęd do góry, wywierany na pewną objętość cieczy, równy jest ciężarowi téj objętości cieczy.

§. 98. Prawo Archimedesa. Wałeczek metalowy *a* (fig. 87.), zrównoważony ciężarkami na dłuższéj szalce, zanurzamy w wodę, umieszczoną pod wałeczkiem. W chwili zupełnego zanurzenia widzimy, iż krótsza szalka podnosi się w górę tak, jak gdyby wałeczek *a* stał się lżejszym w wodzie. Ponowna równowaga nastąpi dopiéro wtedy, kiedy nalejemy wody do walca wydrążonego *b*, mającego objętość równą z walcem *a*. Pozorna utrata ciężaru jest następstwem działania pędu do góry, gdyż wałeczek *a*, wypchnąwszy wodę o takiéjsaméj jak on objętości, pozostaje pod działaniem pędu do góry, równającego się ciężarowi cieczy, na którą pierwéj działał.

Fig. 87.



Podobne doświadczenie można wykonać z inną jaką cieczą, w każdym atoli razie będzie inny pęd do góry, stosownie do gęstości użytéj cieczy.

Każde ciało, zanurzone w cieczy, traci pozornie ze swego ciężaru tyle, ile wynosi ciężar cieczy, wypartéj przez to ciało.

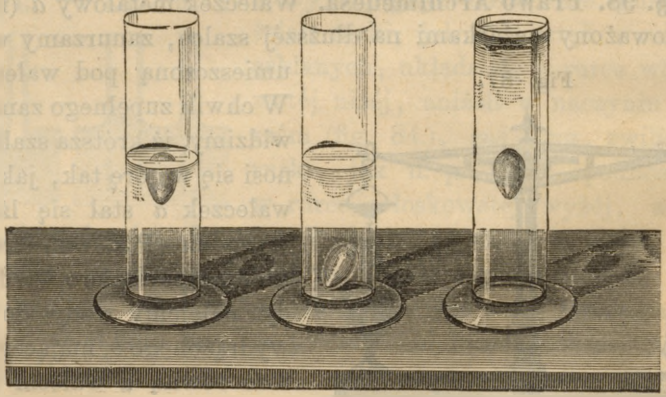
Kamienie łatwiéj podnosić we wodzie, aniżeli na powietrzu. Dlaczego?— Wiadro wodą napełniane wyciągamy lekko z głębi wody; w chwili, kiedy się wiadro w powietrze wzniesie, staje się znacznie cięższém. Dlaczego? Dlaczego sieci, przepełnione rybami, rwą się i rozdzierają bardzo często w chwili, kiedy je z wody na łódź wyciągamy?

§. 99. Zastosowanie prawa Archimedesa. I. Pływanie ciał. Napełniam trzy naczynia szklane rozmaitymi płynami. W środkowém naczyniu fig. 88. znajduje się czysta woda, a jaje, ostrożnie w nią wpuszczone, opada nadół, czyli tonie. Jestto dowodem, iż pęd do góry jest mniejszym od ciężaru jaja, czyli: że woda jest rzadszą od ciała zanurzonego.

Naczynie fig. 89. wypełniam tak dobranym roztworem soli w wodzie, iż tosamo jaje pływa w cieczy w każdéj głębokości. W tym wypadku pęd do góry płynu, nieco od wody gęstszego, równa się ciężarowi jaja, a gęstość roztworu jest równą gęstości jaja.

W naczyniu fig. 90. mieści się roztwór soli bardzo gęsty; w nim też pływa jaje, jedną swą częścią wychylone z cieczy.

Fig. 90. Fig. 88. Fig. 89.



Pęd do góry jest tu znacznie większy od ciężaru jaja, dlatego wypiéra mniejszą objętość cieczy, aniżeli w obu poprzedzających wypadkach. Ciecz jest w tym razie gęstszą od ciała zanurzonego.

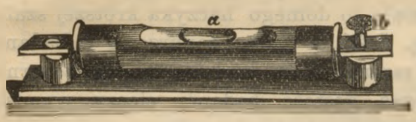
1. Ciało gęstsze od cieczy tonie, a opadłszy na dno ciśnie na nie siłą, równającą się różnicy ciężaru własnego i pędu do góry.

2. Ciało, zanurzone w cieczy téjsaméj gęstości, pływa w niéj, zupełnie zanurzone, w każdéj głębokości.

3. Ciało rzadsze od cieczy, w której jest zanurzone, pływa w niéj, wychylając się częścią ponad powierzchnię cieczy.

Łatwo teraz wytłómaczyć, dlaczego żelazo w wodzie tonie, a z rtęci się wynurza. Woda Morza Martwego jest tak gęstą, dla wielkiéj zawartości rozmaitych soli, iż osoba, nie umiejąca pływać, nie może w niéj zatonąć. W roztopionym metalu spływają na wierzch zanieczyszczenia, które następnie robotnicy chochlami usuwają. Pary, wywiązujące się w gnijącém ciele topielca, rozdymają ciało tak dalece, iż trup wypływa na powierzchnię. Człowiek otyły jest gatunkowo lżejszy od wody, dlatego zatonąć nie może, chociażby pływać nie umiał. Osoba tonąca, jeśli połyka wodę, staje się cięższą i tém łatwiéj utopić się może. Gazy dobywają się zawsze na powierzchnię płynów i zajmują najwyższe miejsce w naczyniu, w którém wraz z cieczą są zamknięte. Na tém polega użycie śródwagi powietrznéj, czyli libelli (fig. 91.), zapomocą któréj można rozpoznać, czy dana płaszczyzna jest poziomą lub nie.

Fig. 91.



Płyny niemieszające się oddzielają się od siebie tak, że każdy z nich tworzy osobną warstwę: najniższą warstwę w naczyniu utworzy ciecz najgęstsza, a pod wierzchem ułoży się ciecz najrzadsza, n. p.: rtęć ułoży się najniżéj, na niéj woda, a oliwa najwyżéj.

II. Chcąc ciało, gęstsze od wody, utrzymać na jéj powierzchni, musimy to ciało albo wydrążyć wewnątrz, albo przytwierdzić do innego znacznie rzadszego ciała. Dlaczego?

W ten sposób można wygodnie i bezpiecznie pływać, jeśli opaszemy się grubym pasem z korka, albo wydętym worem kauczukowym. Na wielkich rzékach w Chinach mieszkają tysiące ludzi w łodziach; dzieci noszą u szyi kulę dętą z lekkiéj materyi, ażeby, wpadłszy w wodę, nie utonęły. Jak radzą sobie u nas chłopcy, nie umiejący pływać? Dęte miedziane łodzie mogą unieść bez zatonięcia całe rusztowanie mostu. Mosty łyżwowe (pontonowe).

Parowce, z blachy żelaznéj zbudowane, noszą ciężkie ładunki. Ciało ludzkie jest prawie tak gęste jak woda; jeśli płuca napełnimy powietrzem, możemy utrzymać się we wodzie głową nad powierzchnią, szczególniéj wtedy, gdy zdołamy zapomocą jak najkrótszego oddechu utrzymać płuca w nieustannem wyprężeniu.

Niektóre ryby posiadają wewnątrz pęcherz, wypełniony powietrzem, który zapomocą mięśni ściskają wtedy, kiedy opadają w dół, a pozwalają mu się napowrót rozszerzyć, kiedy się wznoszą do góry.

III. Doświadczenie uczy, że ciało, pływające na cieczy, tém trudniéj przewrócić, im niżéj w ciele przypada środek ciężkości.

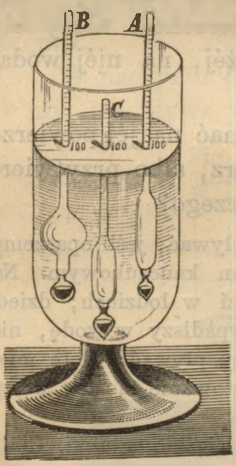
Dlaczego ładują na spód okrętów jak najcięższe przedmioty? Dlaczego pręcik drewniany pływa pionowo i niełatwo go przewrócić, jeśli do jego końca, który pływa pod wodą, przytwierdzimy kawałek ołowiu?

§. 100. Dalsze zastosowanie prawa Archimedesa. Oznaczenie gęstości ciał.

a) Zapomocą wagi hydrostatycznéj. Ciało stałe, w wodzie nierozpuszczalne, przytwierdza się zapomocą cienkiéj niteczki do dolnego haczyka krótszéj szalki na wadze hydrostatycznéj i oznacza jego ciężar bezwzględny, wynoszący np. 6 gr. Zanurza się je następnie do wody i oznacza ubytek ciężaru, np. 2 gr. Stosunek bezwzględnego ciężaru ciała do ciężaru wody téjsamej objętości wyraża gęstość ciała badanego w porównaniu z gęstością wody. Ciało badane jest zatém w powyższym wypadku 3 razy gęstsze od wody.

Gęstość wody o temperaturze + 4° C. przyjęto za jednostkę gęstości; dlatego ciężar gatunkowy ciała jakiegoś i gęstość tegosamego ciała wyrażamy tąsamą liczbą. Aby gęstość cieczy jakiéjś oznaczyć zapomocą wagi hydrostatycznéj, przytwierdza się do dolnego haczyka krótszéj szalki szklaną kulę, napełnioną np. rtęcią. Jeśli ta kula, zanurzona w badanéj cieczy, doznała ubytku 3 gr., a zanurzona w wodzie straciła pozornie ze swego ciężaru 2 gr., natenczas gęstość badanéj cieczy wynosi: $3 : 2 = \frac{3}{2}$. Badana ciecz jest $1\frac{1}{2}$ razy gęstszą od wody.

Fig. 92.



b) Wygodniéj jeszcze można oznaczyć gęstość cieczy zapomocą areometru podziałkowego. Areometr podziałkowy (fig. 92.) jestto wąska rurka szklana, wybiegająca częstokroć na dole w kulkę, którą dla pewniejszéj równowagi wypełnia się śrutem lub rtęcią.

Rurka taka pływa we wodzie, zanurzona do pewnéj wysokości, oznaczonéj kréską 100. W cieczach, rzadszych od wody, pogłębi się bardziéj rurka, a w cieczach gęstszych wychyli się bardziéj.

Jeśli zatém uskutecznimy stosowną podziałkę ponad znaczkiem 100 i popod znaczkiem 100, to z zanurzonéj objętości tego przyrządu można rozpoznać, czy ciecz jest rzadszą lub gęstszą od wody. Podziałka ma zwykle dopisane liczby, które wprost gęstość cieczy wyrażają.

Jeśli użyjemy osobnych areometrów dla cieczy rzadszych i osobnych dla cieczy gęstszych od wody, należy w pierwszych znaczek 100 umieścić na dole (fig. 92. *A.*), a u drugich na saméj górze (fig. 92. *C.*). Dlaczego?

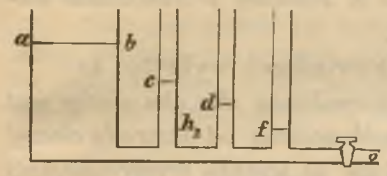
Do oznaczenia gęstości a témsamém i dobroci spirytusu, używają takzwanych wyskokomierzów (alkoholometrów), czyli probierek wódczanych.

Punkt, do którego się alkohometr zanurza w czystéj wodzie, oznaczamy zerem na rurce szklanéj, podobnéj do areometru podziałkowego, a punkt, do którego się wyskokomierz zanurza w czystym (bezwodnym) alkoholu, liczbą 100. Punkt ten leżeć będzie nad zerem, gdyż wyskok jest lżejszy od wody. Pośrednie punkty, oznaczone np. liczbami 60, 70 i t. d., otrzymamy, jeśli zanurzymy przyrząd do mieszaniny alkoholu z wodą, w któréj 60 lub 70 części jest alkoholu, a 40 lub 30 części wody. —

§. 101. Ciśnienie hydrodynamiczne jestto ciśnienie, jakie ciecz płynąca wywiera na ściany naczynia. Aby wykryć, w jakim stosunku pozostaje to ciśnienie do owego (hydrostatycznego), które ciecz wywierała, będąc w równowadze, wykonajmy następujące doświadczenie:

Z naczynia szérszego wybiega rurka, w któréj osadzono trzy pionowe rureczki (fig. 93.). Zamknąwszy kurek, nalejmy wody w szérsze naczynie aż do poziomu *ab*. Ponieważ woda znajduje się teraz w równowadze, podnosi się woda w rurkach i szérszém naczyniu do jednakowéj wysokości. Po otworzeniu kurka, kiedy ciecz zaczyna wypływać, wysokości słupków się zmieniają, a słupek cieczy, w rurce pionowéj się wznoszący, jest tém mniejszy, im bliżéj rurka wypływu cieczy się znajduje. W ciągu wypływania cieczy, dolewamy nieustannie wody do szérszego naczynia w takiéj ilości, aby powierzchnia cieczy sięgała zawsze do tegosamego poziomu *ab*.

Fig. 93.



Ciśnienie hydrodynamiczne jest tém mniejsze, im bliżéj wypływu ciecz się znajduje.

Dlaczego robią rury u wodociągów cieńsze blisko wypływu wody?

Ciśnienie hydrodynamiczne jest w ogóle mniejsze od ciśnienia hydrostatycznego.

§. 102. Uderzenie cieczy poruszonéj. Kładę w rynienkę, do poziomu nachyloną, kawałek drewienka i wlewam wodę w górną część rynienki. Spływająca woda uderza o drewienko i porywa je ze sobą, niosąc aż na drugi koniec rynienki.

Z tego to powodu wezbrana woda, poruszając się szybcéj, uderza gwałtownie o tamy, groble rzeczne i rozrywa je.

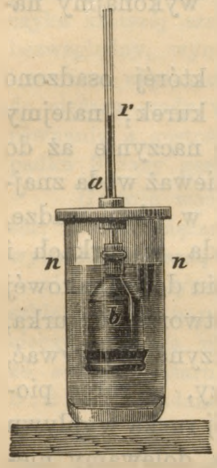
Woda poruszona uderza z pewną siłą o zaporę i może ją w danym razie poruszyć, a zatém wykonać pracę.

Z téj własności poruszonéj wody korzystamy w życiu praktyczném, każąc jéj obracać koła młyńskie, poruszać okręty i spławy.

§. 103. Przenikanie cieczy (osmoza). Szersze naczynie (fig. 94. str. 110.) napełniam wodą do poziomu *nn*. W węższém naczyniu *b*, podwiązaném pęcherzem, umieszczam tyle roztworu siarkanu miedziowego, aby sięgał w rurce do punktu *a*. Po niejakim czasie spostrzegamy, iż woda w naczyniu szerszém zabar-

wiła się na niebiesko, a równocześnie płyn niebieski siarkanu miedziowego podniósł się w rurce do punktu *r*. Z zabarwienia wody w naczyniu szerokiém na niebiesko i z równoczesnego podniesienia się roztworu w rurce poznajemy, iż obie ciecze przechodzą równocześnie przez przegrodę porowatą.

Fig. 94.



Cząsteczki dwóch płynów, przegrodzonych od siebie ścianą porowatą, przechodzą przez tę ścianę. Zjawisko to zowiemy przenikaniem cieczy albo osmozą.

Zapomocą doświadczeń wykryto, że:

1. chyżość przenikania dla obu cieczy jest rozmaitą, a w ogóle zależną od przyrody cieczy, od przyczepności ich do ścianki przegradzającéj i od stopnia ogrzania, które je potęguje;

2. osmoza trwa tak długo, dopóki nie nastąpi zupełne zmieszanie obu cieczy.

Przenikanie cieczy odgrywa wielką rolę przy wymianie soków u roślin i zwierząt.

Rurkami włoskowatymi podchodzące soki posilne przenikają błonki komórek i odżywiają ciecz komórkową, a odwrotnie ciecz komórkowa oddaje przez tę błonkę owe części, które jéj są niepotrzebne lub nawet szkodliwe.

ROZDZIAŁ PIĄTY.

Nauka o równowadze i ruchu gazów.

§. 104. Własności gazów. Bezwodnik węglowy możemy przelewać z jednego naczynia w drugie; jestto dowodem, że bezwodnik węglowy jest znacznie cięższy od powietrza atmosferycznego. W krótkim atoli czasie ujdzie wszystek bezwodnik z naczynia otwartego w powietrze, gdyż wiórek zapalony płonie teraz w naczyniu, w którém poprzednio zagasał. Cząstki tego gazu usiłują bowiem oddalić się od siebie, a zatém odpychają się wzajemnie i uchodzą w powietrze.

Z powyższych doświadczeń, jak i z łatwéj rozsuwalności cząstek gazu, wnioskujemy, że:

1. cząstki gazu są ciężkie, tak jak cząstki ciał stałych i cieczy;

2. gazy składają się, podobnie jak ciecze, z cząsteczek bardzo łatwo rozsuwalnych; — dlatego nacisk, jaki wywieramy na gaz, zamknięty w naczyniu, rozchodzi się jednostajnie na wszystkie strony;

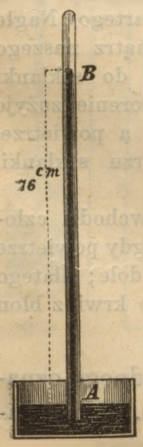
3. cząstki gazu odpychają się wzajemnie, a usiłując ujść z naczynia, szczelnie zamkniętego, uderzają o ściany tego naczynia. Uderzenie to objawia się jako nacisk na ściany i zowie się prężnością gazu.

Tą ostatnią własnością wyróżniają się gazy od ciał stałych i cieczy.

Nadmijmy pęcherz lub balon gutaperchowy powietrzem, a spostrzeżemy, że balon się wypręży. Dlaczego? Wywierając nacisk palcem na ów balon widzimy, że się bardziéj wypręża w około. Dlaczego? W jaki sposób można gaz przechować przez dłuższy czas w naczyniu?

§. 105. Powietrze atmosferyczne. I. Cząstki powietrza atmosferycznego nie mogą oddalić się od ziemi, podlegając sile ciężkości, która jest większą, aniżeli ich rozprężliwość. Powietrze nie oddala się dlatego od ziemi i tworzy w około niéj osłonę kulistą. Najwyższa czyli ostatnia warstwa powietrza utworzona będzie z cząstek, na których siła ciężkości z ich prężnością równoważyć się musi. Każda niższa warstwa powietrza pozostaje pod działaniem siły ciężkości, przemagającéj prężność cząstek, a nie porusza się ku środkowi ziemi jedynie dlatego, że warstwy niżéj położone opór stawiają, doznając same ściśnienia, czyli zgęszczenia. Działanie powyższe warstw powietrza uzmysłowią nam kartki kilku książek, położonych na sobie. Pod naciskiem górnych kartek, dolne będą mocno sprasowane.

Fig. 95.



Ciśnienie powietrza jest tém większe, im bliższą ziemi jest obserwowana warstwa powietrza.

II. Ciśnienie powietrza atmosferycznego oznaczył Torricelli (1643) zapomocą szklanéj rurki, około 82 cm. długiéj, na jednym końcu zasklepionéj, albo kurkiem zamkniętéj, napełnionéj rtęcią czystą i uwolnioną od baniek powietrza. Zatkawszy następnie palcem koniec otwarty, przewrócił rurkę, zanurzając jéj otwór w rtęci, umieszczonéj w szerszém naczyniu *A* (fig. 95.). Po odetkaniu rurki opadła rtęć o 5 — 6 cm., a nad powierzchnią rtęci w szerszém naczyniu wzniósł się w rurce słup rtęci, wynoszący około 76 cm. Przestrzeń kilku centymetrów w rurce nad powierzchnią *(B)* rtęci była zupełnie

próżną; nazwano ją próżnią Torricellego. Jeżeli przekrój rurki wynosi 1 □ cm., to z jednéj strony ciśnie na 1 □ cm. powierzchni rtęci w naczyniu szerszém 76-centymetrowy słup rtęci, zawartéj w rurce, a z drugiéj strony słup powietrza o takiéj wysokości, jaką posiada cała osłona powietrza. Oba te ciśnienia, t. j. ciśnienie słupa rtęci i słupa powietrza, równoważą się, a więc ciężar słupa powietrza równa się ciężarowi rtęci, zawartéj w rurce Torricellego. Gdy na szalkę wagi wylejemy rtęć z rurki 76-centymetrowéj, mającéj przekrój 1 □ cm., to przekonamy się, iż ciężar rtęci wynosi okrągło 1 Kg.

Słup powietrza ciśnie na 1 □ cm. powierzchni ziemi z siłą 1 Kg. Ciśnienie to nazywamy zwykle ciśnieniem jednéj atmosfery.

Słup rtęci w rurce Torricellego i słup powietrza przedstawiają naczynie połączone, a wypełnione płynami rozmaitéj gęstości (§. 96. II.) Niezawsze atoli możemy zważyć słup rtęci, zawarty w rurce Torricellego, a równoważący ciśnienie powietrza w daném miejscu, dlatego uczeni zgodzili się, aby ciśnienie powietrza wyrażać długością słupka rtęci, wywierającego na pewną powierzchnię takiesamo ciśnienie, jakie wywiera powietrze. Mówimy więc: Ciśnienie powietrza wynosi np. 72 cm.; to znaczy: powietrze ciśnie na 1 □ cm. tak, jak słupek rtęci o wysokości 72 cm.

Ciśnienie powietrza i każdego innego gazu mierzymy wysokością słupka rtęci, równoważącego to ciśnienie.

Gdybyśmy chcieli zrównoważyć słup powietrza słupem wody, to sięgać on będzie do wysokości 10-metrowéj. Dlaczego?

Na powierzchnię ciała człowieka średniego wzrostu, wynoszącą około 1·5 □ m., wywiéra powietrze nacisk mniéjwięcéj 15.000 Kg. Ciśnienie to nie wywiera żadnego skutku, ani go téż nie czujemy, gdyż jest zrównoważone naciskiem powietrza, wewnątrz ciała zawartego. Nagłe zniszczenie równowagi ciśnień powietrza zewnątrz lub wewnątrz naszego organizmu sprowadzić może gwałtowne skutki. Wrzucam do szklanki zapalony skrawek papieru i szybko nakrywam ją dłonią. Gorenie zużyje tlen powietrza i rozrzedzi témsamém powietrze w szklance, a powietrze, zawarte wewnątrz ciała naszego, wydmie dłoń ku wnętrzu szklanki. (Stawianie baniek).

Podczas szybkiego wznoszenia się balonem w górę, wchodzi człowiek nagle w coraz to rzadsze warstwy powietrza, podczas gdy powietrze wewnątrz organizmu jest jeszcze téjsaméj gęstości, jak na dole; dlatego nie może ono być zrównoważoném i powoduje wytryskiwanie krwi z błon śluzowych, ust i nosa.

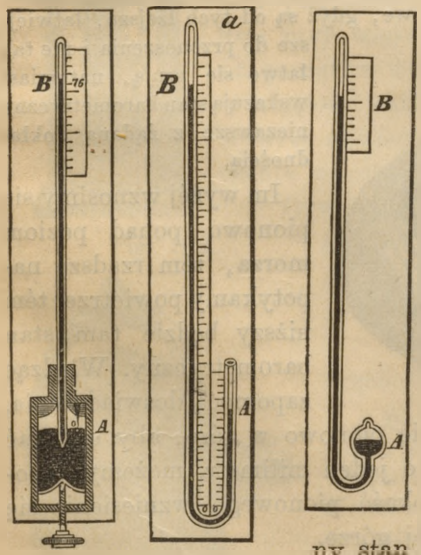
§. 106. Barometry. Przyrządy, służące do dokładnego oznaczenia ciśnienia powietrza, zowiemy barometrami. Najdokładniejsze z nich są barometry rtęciowe. Do tych należą:

a) Barometr naczyńkowy. Rurka Torricellego otoczona jest osłoną mosiężną, mającą u góry wykrojone szpary czyli okienka. Rurka ta, wpuszczona do szerszego naczyńka (fig. 96.), także rtęcią napełnionego, ma znaczek, przy którym układa się powierzchnia rtęci w szerszém naczyniu wtedy, kiedy nad nią wznosi się słupek rtęci, 76 cm. wysoki. Jestto tak zwany normalny stan barometrowy (ciśnienie normalne: 1 Kg. na 1 □ cm.).

Wzdłuż rurki biegnie podziałka milimetrowa do góry, z punktem zerowym przy wyżéj wspomnianym znaczku, który jeszcze lepiéj uwydatnia koniec kościanego lub żelaznego gwoździka, przytwierdzonego do górnego dna naczyńka. Podczas ciśnienia normalnego dotyka koniec gwoździka powierzchni rtęci w naczyniu.

Jeżeli ciśnienie powietrza jest mniejsze lub większe od ciśnienia normalnego, wtedy rtęć podnosi się lub opada w szerszém naczyniu, a że podziałka jest stale do rurki przytwierdzoną, punkt zerowy w pierwszym razie, t. j. gdy ciśnienie jest mniejsze od normalnego ciśnienia, pada pod powierzchnię rtęci, a wtedy odczytana wysokość jest za wielką; w drugim razie punkt zerowy wychyla się ponad powierzchnię rtęci, a wtedy odczytana wysokość jest zamałą. W obu zatém wypadkach jest odczytana wprost wysokość dźwiganego słupka rtęci fałszywą.

Fig. 96. Fig. 97. Fig. 98.



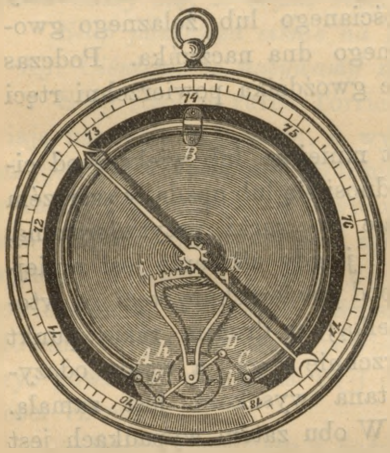
Potrzebną poprawkę uskutecznia się zapomocą dna ruchomego w naczyńku. Dno, zwykle ze skóry irchowéj sporządzone, można zapomocą śrubki podnosić lub zniżać. Jeżeli znaczek *o* nie dotyka się powierzchni rtęci, natenczas poruszamy śrubkę stosownie, aby rtęć w szerszém naczyniu dotykała się koniuszka gwoździa, a wtedy wprost odczytany stan barometryczny jest prawdziwy.

b) Barometr lewarkowy (fig. 97.) składa się z rurki szklanéj, w kształcie ∪ zgiętéj, ale o nierównych ramionach, z których ramię wyższe, zasklepione u góry, napełnione jest rtęcią, a niższe, otwarte,

zastępuje miejsce naczyńka barometru naczyńkowego. Różnica wysokości poziomu rtęci w obu ramionach jest wysokością stanu barometrycznego, która się zawsze liczy od powierzchni rtęci w ramieniu otwartém. Punkt zerowy podziałki, służącéj dla obu ramion, jest zwykle ustawiony w zgięciu obu ramion.

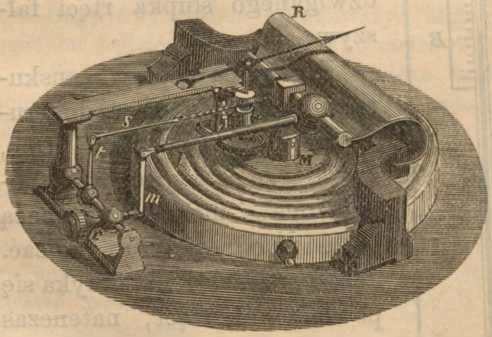
c) Barometr gruszkowy (fig. 98. str. 113.) nie pozwala odczytać dokładnie stanu barometrycznego; wskazuje on tylko w ogóle zmiany ciśnienia ponad stan normalny i poniżéj stanu normalnego. Używany bywa powszechnie do przepowiadania pogody; suche bowiem powietrze wywiéra większe ciśnienie: słupek rtęci w barometrze idzie w górę. Wilgotne, parą przesycone powietrze, wywiérając mniejsze ciśnienie, powoduje opadanie słupka rtęci. Na stan barometryczny wpływa jeszcze bardzo wiele okoliczności, dlatego te przepowiednie zawodzą często.

Fig. 99.



Barometry metalowe (aneroidy) opierają się na niejednakowém ciśnieniu powietrza, wywieranem z dwóch stron, mianowicie z zewnątrz i z wewnątrz sprężystéj puszki metalowéj. Najpowszechniéj używane aneroidy pomysłu Bourdona (fig. 99.) i Vidego (fig. 100.), są nierównie dogodniejszymi, niż barometry rtęciowe, gdyż są od tych lżejsze, łatwiejsze do przenoszenia i nie tak łatwo się psują, natomiast wskazują stan barometryczny niezawsze z żądaną dokładnością.

Fig. 100.

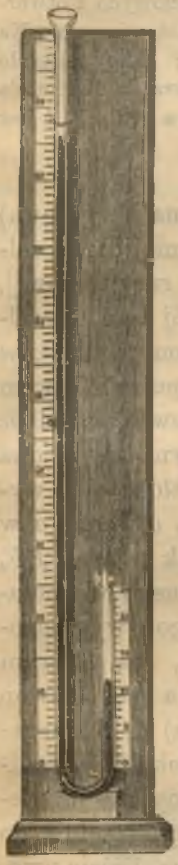


Im wyżéj wznosimy się pionowo ponad poziom morza, tém rzadsze napotykamy powietrze, tém niższy będzie tam stan barometryczny. Wiedząc zapomocą doświadczenia, na ile metrów należy wznieść się pionowo w górę, aby uzyskać stan barometryczny, niższy np. o jeden milimetr, możemy zapomocą barometru oznaczyć wysokość pionowego wzniesienia się w balonie lub na jakiéj wysokiéj górze.

§. 107. Prawo Mariotte'a. W rurkę zgiętą (fig. 101. str. 115.) o jedném krótszém, kruczkiem zamykalném ramieniu, wlewam

tyle rtęci, dopóki słupki w obu rurkach, tworzących naczynie połączone, nie wzniosą się do 0 podziałki, którą wraz z rurką ustawiłem pionowo na mocnéj podstawie. Podczas nalewania rtęci kurek na krótszém ramieniu jest otwarty.

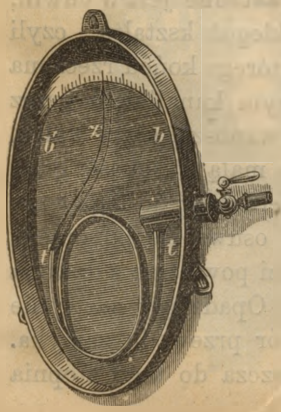
Fig. 101.



Po zamknięciu kruczka nic się w poprzedniéj równowadze nie zmieni. Powietrze, zamknięte pod kurkiem, posiada z powietrzem atmosferyczném, cisnącém na rtęć w dłuższéj otwartéj rurce, jednakową prężność i równoważy się z niém. Ciśnienie, jakie ono wywiéra, przedstawia stan barometryczny téj chwili, np. 758 $^{m}/_{m}$. Dolewając następnie rtęci tak długo, dopóki objętość zamkniętego powietrza nie zmniejszy się dwa razy, spostrzeżemy, że słupek rtęci, powodujący to zmniejszenie, wynosi 758 $^{m}/_{m}$. Na powietrze, zamknięte pod kurkiem, a posiadające gęstość od pierwotnéj dwa razy większą, gdyż mieści się w połowie swéj pierwotnéj objętości, ciśnie powietrze atmosferyczne (758 $^{m}/_{m}$) w rurce otwartéj i słupek rtęci o wysokości 758 $^{m}/_{m}$. Powietrze zatém pod kurkiem równoważy się z ciśnieniem, dwa razy większém od owego, jakie panowało na początku doświadczenia. Powietrze, zawarte w objętości cztéry razy mniejszéj od pierwotnéj, wywrze ciśnienie 4×758 $^{m}/_{m}$. Z tego doświadczenia wynika:

Prężność pewnéj masy gazu zostaje (przy staléj temperaturze) w odwrotnym stosunku do jéj objętości, a témsamém jest wprost proporcyonalną do gęstości gazu.

Fig. 102.



Prawo powyższe jest ważne także dla prężności mniejszych od jednéj atmosfery.

Do mierzenia ciśnień gazu, przewyższających jednę atmosferę, służą manometry. Urządzenie tych przyrządów polega na prawie Mariotte'a. Najpowszechniéj używane manometry składają się z grubych rurek sprężystych (fig. 102.), podobnych do aneroidu Bourdona, których wnętrze para lub gaz wypełnia, zwijając lub rozwijając rurkę tt' wydrążoną, stosownie do czynnego ciśnienia. Do końca rurki

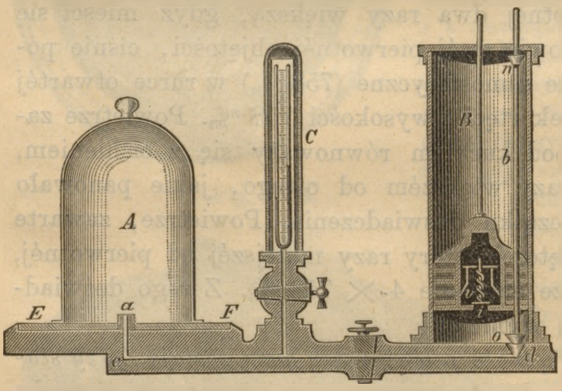
przytwierdzona wąska wskazówka *z* porusza się wzdłuż podziałki łukowéj *b b'* empirycznie sporządzonéj.

Fig. 103.

Podczas wywiązywania się gazów przy działaniach chemicznych, używamy manometrów rtęciowych z otwartą rurką szklaną, na fig. 103. przedstawionych. Na jakiém prawie polega ostatni manometr? Jakby należało go urządzić, by był podobnym do przyrządu Mariotte'a fig. 101.? Dlaczego klapa bezpieczeństwa *s* (fig. 21.) jest także manometrem?

§. 108. Pompa pneumatyczna (wywiewa) służy do rozrzedzania powietrza w miejscu, szczelnie zamkniętém. Składa się ona z rury tłokowéj, zwykle szklanéj (fig. 104.), w któréj tłok, szczelnie do ścian przystający, sporządzony z krążków skórzanych, mocno ściśniętych, za pośrednictwem trzonka *B* przesuwać się daje. Przewód wąski *dc* poczyna się u dna rury tłokowéj, a wybiega otworem *a* w środek talerza *EF*, szklanego lub metalowego, wygładzonego, na którym stawia się dzwon (klosz) *A*, z brzegami dokładnie oszlifowanymi, przylegający szczelnie do talerza. Ujście przewodu w rurze tłokowéj ma postać stożka i zatkane jest w chwili, gdy tłok na dnie spoczywa, czopkiem *o* takiegoż kształtu, czyli tak zwaną zatyczką (wentylem). Pręt *b*, na którego końcu rzeczona zatyczka jest utwierdzona, przechodzi ciasnym kanalikiem przez tłok i ociera się o niego tak mocno, że tłok, wznosząc się w walcu, ciągnie ów pręt wraz z zatyczką, ale tylko na małą wysokość, gdyż przysadka *n*, do górnego końca pręta przytwierdzona, dosięga wnet pokrywy walca i opiera się o nią, a tłok osuwa się po pręcie, postępując daléj do góry. Tymczasem uchodzi powietrze z dzwona do próżni, powstającéj w rurze tłokowéj. Opadający następnie tłok zsuwa zatyczkę *o*, która szybko otwór przewodu zamyka. Tłok, przy dalszém spadaniu na dół, zagęszcza do tego stopnia

Fig. 104.



zamknięte w rurze tłokowéj powietrze, że ono swą prężnością wentyl *i*, w tłoku umieszczony, otworzyć i na zewnątrz ujść może.

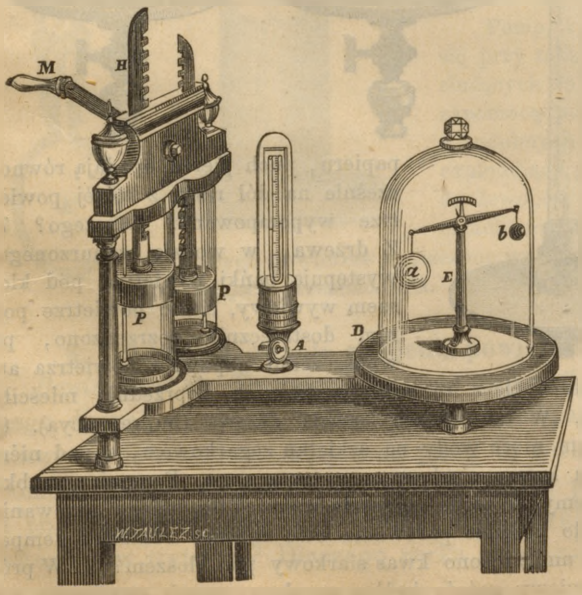
Za każdém pomknięciem tłoka do góry i na dół ubywa powietrza w dzwonie, pozostające zaś rozrzedza się coraz bardziéj.

Rozrzedzenie dosięga wreszcie pewnéj granicy, od któréj wszelkie dalsze poruszanie tłoka staje się bezcelowém. Między spodem tłoka a dnem rury tłokowéj znajduje się bowiem przestrzeń, zwana szkodliwą, w któréj powietrze, z pod klosza wyprowadzone, od pewnéj chwili, nawet przy najdokładniejszém zsunięciu tłoka, nie może się zgęścić do tego stopnia, aby otworzyć klapę tłokową i ujść na zewnątrz.

Z kloszem wywiewy łączy się zwykle tak zwana próba barometryczna *C*. Jestto rurka szklana, na jednym końcu zasklepiona, o równo długich (20 do 30 $^{m}/_{m}$) ramionach. Całe ramię zasklepione i część otwartego wypełniamy rtęcią. Próba barometryczna służy do oznaczenia ciśnienia powietrza pod kloszem.

Gdyby w rurce zasklepionéj była próżnia Torricellego, do jakiéj wysokości wznosiłby się w niéj zawarty słup rtęci? Z jaką siłą ciśnie rtęć na sklepienie rurki zatopionéj, 30 $^{m}/_{m}$ długiéj? Kiedy ów słupek rtęci opadać pocznie, czy przy pierwszém poruszeniu tłoka, czy dopiéro późniéj? Dlaczego?

Fig. 105.



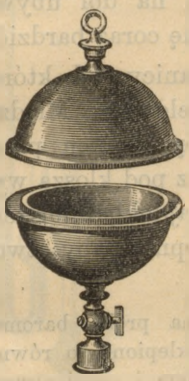
Wywiewy jednotłokowe mają tę niedogodność, że rozrzedzenie powietrza pod kloszem odbywa się tylko podczas podnoszenia tłoka; dlatego dziś są więcéj rozpowszechnione wywiewy dwutłokowe (fig. 105.).

Oba tłoki, osadzone na trzonkach *H* zazębionych, porusza w górę i w dół kółko zębate, obracane w prawo i w lewo zapomocą korby *M*.

Doświadczenia, wykonane zapomocą wywiewy:

1. Klosz, z pod którego wypompowano powietrze, przylega do talerza z taką siłą, iż go niepodobna oderwać. 2. Półkul magdeburskich (fig. 106.), w których poprzednio rozrzedzono powietrze, rozerwać nie można.

Fig. 106.



Otton Guericke, burmistrz magdeburski, wypompował powietrze z półkul magdeburskich, mających łokieć średnicy, do tego stopnia, iż nie można było rozerwać ich uprzęgiem 24 koni. Doświadczenie to wykonał wobec posłów w Regensburgu w r. 1654.

3. Przez krążek *m*, osadzony szczelnie w rurce szklanéj *T* (fig. 107.), z której wydalono powietrze zapomocą wywiewy, przedziera się rtęć drobniutkimi kropelkami. 4. Pęcherz zmięty (fig. 108. *a*.), dobrze zawiązany, wydyma się pod kloszem (fig. 108. *b*.), w którym powietrze rozrzedzono. 5. Pęcherz, którym obwiązaliśmy szczelnie wałek metalowy lub szklany (fig. 109. str. 119.), pęka z hukiem pod naciskiem powietrza, skoro wewnątrz wałka powietrze dostatecznie rozrzedzimy. 6. Kawałeczek ołowiu, drzewa,

Fig. 107.

Fig. 108. *a*.

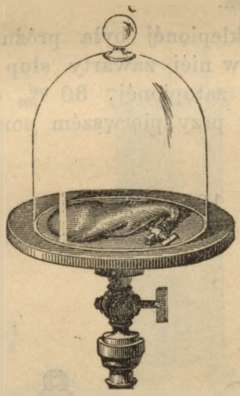
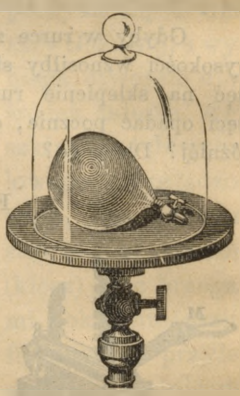


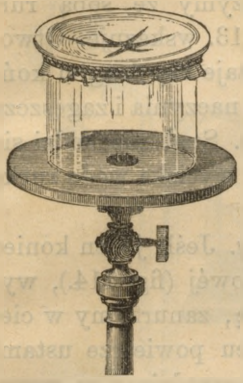
Fig. 108. *b*.



papieru, puch pierza opadają równocześnie na dół rury, z której powietrze wypompowano. Dlaczego? 7. Z drzewa, w wodzie zanurzonego, występują bańki powietrza pod kloszem wywiewy, skoro powietrze pod nim dostatecznie rozrzedzono, po wpuszczeniu napowrót powietrza atmosferycznego wypełnia ciecz te pory, w których poprzednio mieściły się bańki powietrza. W ten sposób barwią drzewa (impregnacya). 8. Ustawmy pod kloszem nieco wody na szkiełku zegarkowém, a pod niém w szerszém naczyniu kwasu siarkowego zgęszczonego. Pompując szybko powietrze, spostrzeżemy, iż woda zamarzła wskutek szybkiego parowania w próżni. Co sprawiło podczas parowania owo znaczne obniżenie temperatury wody? Naco umieszczono kwas siarkowy pod kloszem? 9. W próżni pod kloszem wywiewy gaśnie świéca zapalona, proch strzelniczy nie

wybucha zetknięty z ogniem, rośliny więdną, zwierzęta giną w krótkim czasie.

Fig. 109.



§. 109. Pompa zgęszczająca (fig. 110.) składa się z walca metalowego lub szklanego o mocnych ścianach, opatrzonego z boku małym otworem *A*, na dole zaś wentylem *D*, otwierającym się na zewnątrz walca.

Za podniesieniem tłoka do góry, powstaje pod nim próżnia, gdyż wentyl *D* szczelnie otwór zamyka. Dopiéro po przesunięciu tłoka poza otwór *A*, wpada powietrze i wypełnia rurę *AB*. Po zepchnięciu tłoka na dół wyciska się zgęszczone powietrze do naczynia *E*, na dole przyśrubowanego. Za drugiém podniesieniem tłoka poza otwór *A* wchodzi tym otworem ponownie powietrze do próżni, a następnie wypycha je tłok, na dół schodzący, do naczynia *E*. Po każdém zatém zepchnięciu tłoka na dół zwiększa się gęstość powietrza w naczyniu *E*.

Fig. 110.

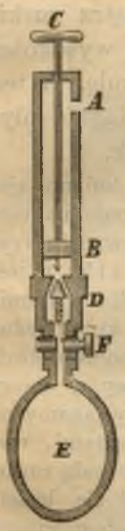
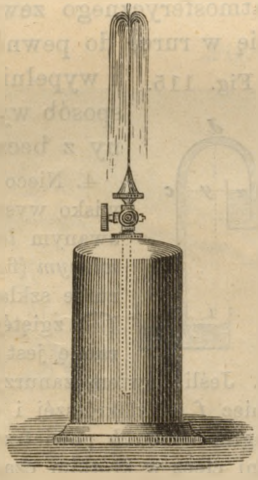


Fig. 111.

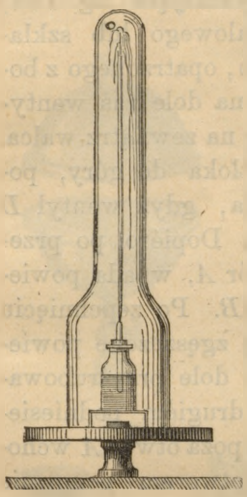


Pomp zgęszczających używa się przy takzwanych wiatrówkach, służących do wyrzucania pocisków zapomocą powietrza zgęszczonego, a podobnych do strzelb, w których explodujący proch nabój wyrzuca; do dzwonów nurkowych, przy pocztach pneumatycznych, t. j. rurach, w których powietrze zgęszczone wytłacza przesyłkę pocztową na miejsce przeznaczenia.

§. 110. Zastosowanie ciśnienia powietrza atmosferycznego. 1. *Bania Herona.* Do naczynia metalowego (fig. 111.), napełnionego do połowy wodą, zakręcam rurkę, sięgającą niemal do dna naczynia. Powietrze, wpędzane przez tę rurkę do naczynia zapomocą pompy zgęszczającéj, zbiéra się nad powierzchnią wody, a po odkręceniu pompy wypycha wodę rurką do góry. Kiedy ustanie ów wytrysk? Dlaczego rurka sięga niemal do dna? Dla-

czego bania Herona pod wysokim kloszem (fig. 112.) sama tryskać poczyna, skoro pod kloszem powietrze rozrzedzimy?

Fig. 112.



2. *Wodotrysk Herona.* Dwa szklane lub metalowe naczynia łączymy ze sobą rurkami *a* i *b*, jak to fig. 113. wskazuje. Otworem *f* nalana woda dostaje się drugim końcem rurki *a* do dolnego naczynia i zagęszcza tam nad sobą powietrze. Stąd rozchodzi się ciśnienie rurką *b* do *c* i wyciska wodę rurką *d* w górę.

3. *Lewar zwyczajny.* Jeśli jeden koniec rurki szklanéj lub metalowéj (fig. 114.), wydętéj przy końcu w kulę, zanurzymy w cieczy, a na drugim końcu powietrze ustami wyssiemy, a więc je rozrzedzimy w rurce, to ciecz, pozostając pod większym naciskiem powietrza atmosferycznego zewnątrz rurki, podniesie się w rurce do pewnéj wysokości i wypełni kulę. W ten sposób wyciągają płyny z beczek.

Fig. 113.

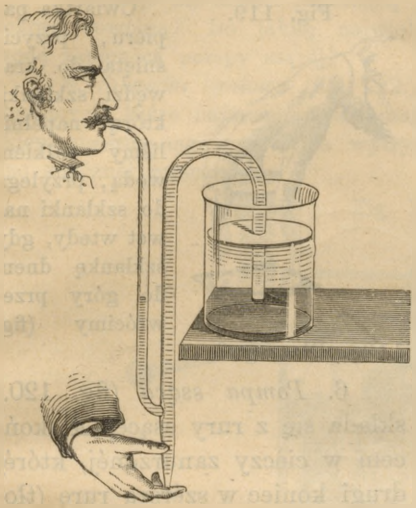
Fig. 114.

Fig. 115.

4. Nieco odmienne zjawisko występuje na takzwanym *lewarze zakrzywionym* (fig. 115.), to jest rurce szklanéj, w formie ⋂ zgiętéj, któréj jedno ramię jest znacznie dłuższe. Jeśli bowiem zanurzymy w cieczy koniec *f* rurki krótszéj i wyciągamy na drugim końcu *b* powietrze ustami, wypełni ciecz w krótkim czasie całą rurkę, a po odjęciu ust przelewać się będzie rurką tak długo, póki poziom cieczy w naczyniu nie padnie niżéj końca *f* rurki. — To szczególniejsze zjawisko, iż ciecz w górę podstępuje w lewarze zakrzywionym, da się w następujący sposób wytłómaczyć. Na oba końce *a* i *b* lewara ciśnie powietrze jednakowo i udziela się z obu stron cząstce cieczy *d;* nie byłoby zatém żadnego ruchu, gdyby tylko powietrze samo działało z obu stron; ale słupek wody w rurce *da* o wysokości *dg* osłabia ciśnienie powietrza, wywieranego na końcu *a*, zaś słupek cieczy o wysokości *di* w drugiém ramieniu osłabia ciśnienie powietrza, działającego na koniec rurki *b*. Jak z tego widzimy,

ciśnienie powietrza przy *a* jest mniéj osłabione, dlatego posuwa cząstkę *d* w stronę, po któréj działa siła mniejsza. Kiedy z lewaru nie popłynie woda? Wśród jakich warunków wyciekać będzie woda z lewaru prędzéj, a kiedy pomaléj?

Fig. 116.



Do przelania cieczy gryzących używa się lewaru bezpieczeństwa (fig. 116.).

Podobnym lewarem zakrzywionym są źródła przerywane (fig. 117.). Jak długo krótsze ramię owego olbrzymiego lewaru dotyka się wody w zbiorniku, zawartym wewnątrz góry, tak długo woda wypływa. Potém po opadzie poziomu następuje przerwa, dopóki tający śnieg nie zasili ponownie wodą owego zbiornika.

5. W lampie *Arganda* reguluje samo powietrze (automa-

Fig. 117.

tycznie) dopływ oleju do knota. Z bańki *v* (fig. 118. str. 122.), napełnionéj oliwą i włożonéj w przewróconéj postawie do naczynia szérszego, nie wypłynie oliwa tak długo, jak długo szyjka *a* owéj bańki pozostaje zanurzoną w oliwie szérszego naczynia. Gdy oliwa w szérszém naczyniu zużyje się na podtrzymywanie światła

i opadnie poniżéj *a*, natenczas wdziéra się do bańki nieco powietrza, a oliwa, niém wyparta, uchodzi do naczynia szérszego.

Fig. 118.

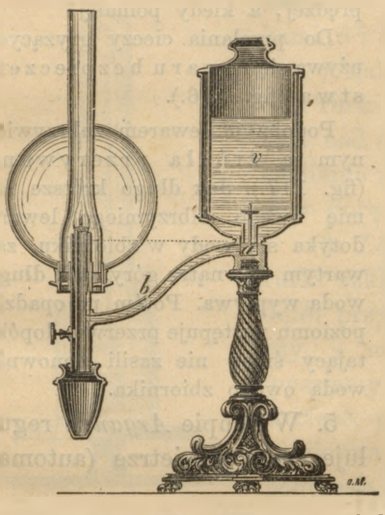


Fig. 119.

Ćwiartka papiéru, przyciśnięta do krawędzi szklanki, którą napełniliśmy całkiem wodą, przylega do szklanki nawet wtedy, gdy szklankę dnem do góry przewrócimy (fig. 119.). Dlaczego?

6. *Pompa ssąca* (fig. 120.) składa się z rury ssącéj *A*, końcem w cieczy zanurzonéj, któréj drugi koniec w szérszą rurę (tłokową) *B* wybiega. W niéj porusza się tłok z klapą albo wentylem, szczelnie do ścian rury tłokowéj przylegający. Otwór na dnie rury tłokowéj zatyka wentyl *a*, podnoszący się w górę. Tłok, podchodząc do góry, ssie wodę, która rurę tłokową wypełnia. Po zsunięciu tłoka woda, nie mogąc ujść na dół (gdyż wentyl *a* przymyka otwór pod naciskiem wody), otwiéra wentyl w tłoku i przechodzi na drugą stronę tłoka. Przy powtórném podnoszeniu tłoka, wykonują się obecnie dwie prace równocześnie. Pod tłokiem podchodzi ssana woda do góry, a nad tłokiem podnosi się razem z nim aż do otworu *o*, w ścianie umieszczonego, którym wycieka.

Fig. 120.

Fig. 121.

Porównaj wywiewę z pompą ssącą: w czém są obie do siebie podobne, a w czém się różnią?

7. *Pompa ssąco-tłocząca* (fig. 121.) wynosi wodę na znaczne wysokości. Jestto pompa ssąca z tłokiem pełnym, który podniósłszy wodę ponad wentyl *a* rury tłokowéj, spycha ją do rurki bocznéj, tuż nad *a* położonéj. Woda otwiéra tu zapadkę *b* i wypełnia powoli naczynie w około *b*, zgęszczając przytém powietrze, nad powierzchnią wody się wznoszące. Pod działaniem zwiększonéj

prężności tego zgęszczonego powietrza, podnosi się woda w rurze, w tém naczyńku osadzonéj, do dowolnéj wysokości.

Dlaczego nie można zapomocą pompy ssącéj wynieść wodę na wysokość dowolną? Do jakiéj największéj wysokości możemy pompować wodę zapomocą pompy ssącéj?

8. *Sikawka ogniowa* (fig. 122.) składa się z dwóch pomp ssąco tłoczących, które naprzemian wtłaczają wodę do naczynia *A*. Pod naciskiem zgęszczonego powietrza wytryskuje z tego naczynia woda do bardzo znacznéj wysokości.

Fig. 122.

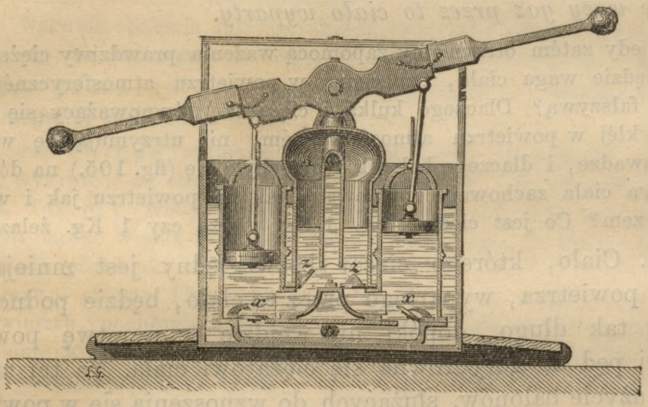


Fig. 123.

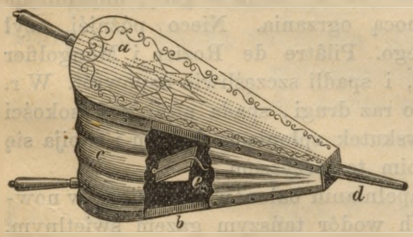
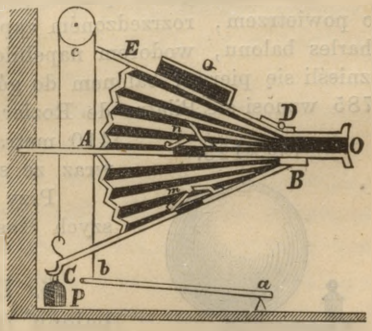


Fig. 124.



9. *Miech pojedyńczy* składa się z dwóch desek *a* i *b* (fig. 123.), tak skórą *c* ze sobą połączonych, iż tworzą wewnątrz przestrzeń szczelnie zamkniętą. Deszczułka *b* posiada zapadkę (klapę) *e*, otwierającą się ku środkowi miecha. Podczas rozsunięcia obu deszczułek wchodzi powietrze klapą *e* do wnętrza miecha, a po zsunięciu ich uchodzi na zewnątrz rurką *d*.

10. *Miech podwójny* składa się z dwóch miechów pojedyńczych, z których jeden dmie nieustannie, a drugi zasila go ciągle nowém powietrzem. Środkowa deska *AB* (fig. 124.) jest stałą, a inne dwie poruszają się w zawiasach *B* i *D*. Gdy deskę *BC* zsuniemy na dół, natenczas wpada wentylem *m* powietrze do mieszka dolnego. Podczas zbliżania deski *BC* do deski *AB*, wypływa powietrze z miecha przez klapę *n* do mieszka górnego, a stąd wskutek ugniatania ciężaru *Q*, przymocowanego do deski *ED*, uchodzi nieustannie powietrze rurką *O* ku ognisku.

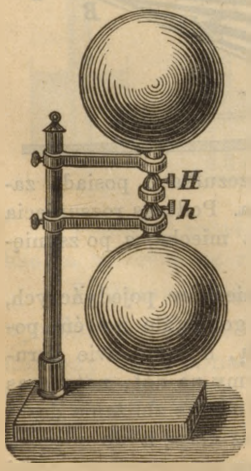
§. 111. Pęd do góry w gazach, balony. I. Lekki balonik szklany lub metalowy o objętości 1 $^{d}/_{m}$ sześc. ważę na bardzo czułéj wadze sprężynowéj: ciężar jego wynosi 5 gram. Następnie ważę tensam balonik pod kloszem wywiewy, w którym rozrzedzono powietrze do bardzo wysokiego stopnia: ciężar balonika wynosi tu około 6·3 gr. Balonik w próżni waży więcéj aniżeli na powietrzu atmosferycznem i to właśnie o tyle, ile waży 1 $^{d}/_{m}$ kub. powietrza (1·3 gr.). Z tego doświadczenia widzimy, że *ciało, otoczone ze wszech stron gazem, traci pozornie ze swego ciężaru tyle, ile waży gaz przez to ciało wyparty.*

Kiedy zatém otrzymamy zapomocą ważenia prawdziwy ciężar ciała? Kiedy będzie waga ciała, oznaczona w powietrzu atmosferycznem, tém bardziéj fałszywą? Dlaczego kulka i ciężarek, równoważący się na wadze zwykłéj w powietrzu atmosferycznem, nie utrzymują się w próżni w równowadze, i dlaczego balonik *a* przechyla się (fig. 105.) na dół? Kiedyby dwa ciała zachowały równowagę tak na powietrzu jak i w próżni pod kloszem? Co jest cięższe, czy 1 Kg. pierza czy 1 Kg. żelaza?

II. Ciało, którego ciężar bezwzględny jest mniejszy od ciężaru powietrza, wypartego przez to ciało, będzie podnosić się w górę tak długo, dopóki nie wejdzie w warstwę powietrza, w któréj pęd do góry równa się ciężarowi ciała. Na téj zasadzie polega użycie balonów, służących do wznoszenia się w powietrzni.

Bracia Mongolfier puścili pierwsi (1782) balon w górę, napełniając go powietrzem, rozrzedzoném zapomocą ogrzania. Nieco późniéj użył Charles balonu, wodorem napełnionego. Pilâtre de Rozier i Mongolfier wznieśli się pierwsi balonem do góry, i spadli szczęśliwie napowrót. W r. 1785 wznosi się Pilâtre de Rozier po raz drugi, spada atoli z wysokości 410 metr. wskutek spłonięcia balonu i zabija się wraz ze swoim towarzyszem.

Fig. 125.



Przy napełnianiu balonów zastąpiono w nowszych czasach wodór tańszym gazem świetlnym.

§. 112. Dyfuzya gazów. Do dolnego balonu (fig. 125.) wprowadzam bezwodnik węglowy, do górnego zaś powietrze atmosferyczne. Łącząc oba balony ze sobą, spostrzegę w krótkim czasie, iż bezwodnik węglowy, jakkolwiek 1·5 razy cięższy od powietrza atmosferycznego, podszedł do górnego balonu i wymieszał się dokładnie z powietrzem atmosferycznem. W obu balonach mieści się obecnie mieszanina jednolita obu powyższych gazów.

Podczas gdy ciecze, nie mieszające się ze sobą, układają się nad sobą warstwami według swych ciężarów gatunkowych, dwa gazy natomiast, zetknięte ze sobą, mieszają się tak, iż każdy gaz wypełnia całą dostępną przestrzeń, jakgdyby sam tylko w niéj się znajdował. (Prawo Daltona).

Gazy rozmaite rozchodzą się zatém w danéj przestrzeni, jakgdyby w próżni, a obecność jakiegoś gazu w téj przestrzeni opaźnia tylko nieco wejście do niéj innych gazów.

Dyfuzya jest przyczyną, dla któréj stosunek gazów w powietrzu atmosferycznem wszędzie jest jednakowy, pomimo, że w pewnych miejscach — wskutek spalenia lub oddychania zwierząt i ludzi — tlenu ubywa a tworzy się dla organizmu zwierzęcego szkodliwy bezwodnik węglowy.

Gazy przenikają — podobnie jak ciecz — ściany porowate, atoli z rozmaitą chyżością.

Ciecze chłoną rozmaite gazy w ilościach rozmaitych. Doświadczeniem wykryto, że stopień pochłaniania zależy: 1. Od zewnętrznego ciśnienia. Tak n. p. wody i napoje musujące, pochłaniają pod znacznem ciśnieniem bardzo wielką ilość bezwodnika węglowego. 2. Od temperatury. Zimna woda pochłania znacznie więcéj amoniaku, aniżeli ciepła. 3. Od natury gazu i cieczy. Tlenu pochłania woda więcéj, aniżeli azotu. Dlatego powietrze, pochłonięte w większych głębokościach wody, nierównie więcéj tlenu zawiera, aniżeli w atmosferze, co ułatwia zwierzętom oddychanie i przebywanie pod wodą.

§. 113. Wzrost prężności gazów z podniesieniem temperatury. I. Bańkę metalową (fig. 126.), napełnioną powietrzem atmosferycznem, zatykam tłokiem, szczelnie do ścian szyjki przylegającym. Powietrze atmosferyczne, zamknięte wewnątrz bańki, równoważy się z powietrzem zewnętrznem, gdyż w manometrach szklanych otwartych rtęć w obu ramionach sięga do równéj wysokości. Jeśli bańkę ogrzeję, natenczas spostrzegam, iż rtęć w manometrach podnosi się do góry. Z tego doświadczenia widzę, iż:

Fig. 126.

Prężność gazu, szczelnie zamkniętego, rośnie z podwyższeniem temperatury. (Prawo Gay-Lussaca).

Wykryto zapomocą wielu doświadczeń, iż prężność niemal wszystkich gazów, zamkniętych szczelnie, powiększa się o $\frac{1}{273}$ część prężności pierwotnéj, jaką posiadały przy 0^0 C., jeśli je od 0^0 C. do 100^0 C. ogrzejemy.

Nadto sprawdzono, iż gazy rozmaite, posiadające tęsamę gęstość i tęsamę temperaturę, mają przytém prężność niejednakową. Tak n. p.

prężność wodoru jest 14·5 razy większą od prężności powietrza atmosferycznego, mającego z wodorem jednę gęstość i równą temperaturę.

Do powyższego prawa stosuje się para wodna i inne pary, nie stykające się z cieczą, z któréj się wytworzyły.

II. Prężność pary, stykającéj się z wrzącą cieczą, nie stosuje się w zupełności do prawa Gay-Lussaca. Para bowiem wodna, ogrzana do wyższéj temperatury, powiększa raz swą prężność — stosownie do prawa Gay-Lussaca — a więc stosownie do téj wyższéj temperatury, a powtóre prężność rośnie jeszcze i dlatego, że z podniesieniem temperatury, ciecz wydziela nową ilość pary, która, przybywając w owo miejsce zamknięte do pary badanéj, powoduje zgęszczenie.

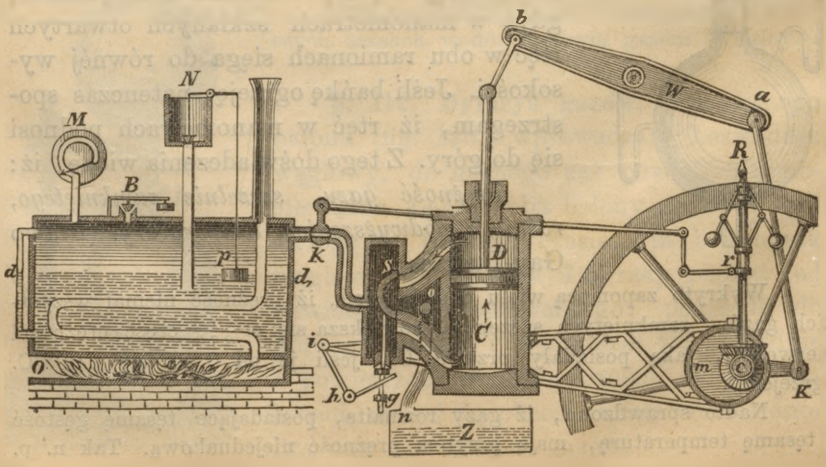
Pary, stykające się z cieczą, zwiększają z podniesieniem temperatury swą prężność bardzo szybko, gdyż prężność takich par rośnie równocześnie stosownie do prawa Mariotte'a i do prawa Gay-Lussaca.

Dla téj szczególniejszéj własności par użyto pary wodnéj do wykonywania rozmaitych prac, a to zapomocą machin parowych.

§. 114. Machina parowa składa się z dwóch głównych części: 1. z kotła parowego, w którym wytwarza się para wodna i nabiera odpowiednéj prężności, i 2. z właściwego motora, który wywierane nań ciśnienie pary przenosi daléj, jako siłę poruszającą.

1. Kocioł parowy (fig. 127.) sporządzamy z mocnéj blachy, zwykle żelaznéj; wentyl bezpieczeństwa *B* reguluje ciśnienie pary na ściany kotła

Fig. 127.



w ten sposób, iż wypuszcza parę na zewnątrz, jeśli jéj prężność grozi rozsadzeniem kotła. Pływak *p* reguluje stan wody zapomocą mechanizmu, uwidocznionego na fig. 127.: opadając bowiem ze zniżaniem się wody, zawartéj w kotle a ciągle parującéj, pociąga za sobą wentyl i wpuszcza wodę do kotła z naczynia *N*. Często dostarczają do kotła wody osobne pompy ssąco-tłoczące, poruszane samym motorem. Manometr *M* mierzy prężność pary. Ognisko pod kotłem urządzamy w ten sposób, aby jak największa powierzchnia kotła była ogrzewaną. Często przeprowadzamy produkta spalenia, zawierające wiele ciepła, rurą, idącą przez środek kotła i zgiętą kilkakrotnie. Ogrzane ściany téj rury przyczyniają się temsamém do ogrzania wody. Rureczka *d*, tworząca z kotłem naczynie połączone, wskazuje stan wody w kotle.

2. Motor. Z kotła dostaje się para wodna rurą do komory sterowéj, z któréj zapomocą suwacza *S*, stosownie do jego położenia, naprzemian z obu stron wywierać może ciśnienie na tłok *D* w komorze tłokowéj *C*. Do tłoka przytwierdzony trzonek przenosi ruch zapomocą wahacza *ab* lub korby i koła rozpędnego na inne machiny. System dźwigni, poruszany mimośrodem *m*, osadzonym na osi *c* koła rozpędnego, posuwa podczas pełnego obrotu suwacz *S* do góry i na dół.

Suwacz *S* w położeniu, wskazaném na figurze, wpuszcza parę otworem dolnym do rury tłokowéj, a tłok, posuwający się w kierunku strzałki, wypycha parę przed sobą drugim otworem, (położonym na rysunku u góry rury tłokowéj a zamkniętym przez suwacz), do środka suwacza, skąd uchodzi albo wprost w powietrze, albo do kondensatora *Z*, t. j. do naczynia, napełnionego w części zimną wodą, w którém skrapla się. Woda w kondensatorze *Z*, ogrzana uwolnioném ciepłem lotności, służy do zasilania kotła. W chwili, gdy tłok podejdzie do góry, zsuwa się na dół zasuwa sterowa, a para, uderzając obecnie na tłok z góry, spycha go na dół i t. d.

Ruch postępowy i zwrotny trzonka tłokowego przemienia się zapomocą wahacza *W* i korby *K* na ruch obrotowy.

Kule, przytwierdzone do ruchomych listewek przyrządu *R*, zwanego regulatorem, podnoszą się w górę przy szybszym obrocie koła i powodują zapomocą systemu dźwigni przymknięcie kurka *k*, puszczającego parę z kotła do komory sterowéj. W ten sposób regulujemy chyżość ruchu całego motora.

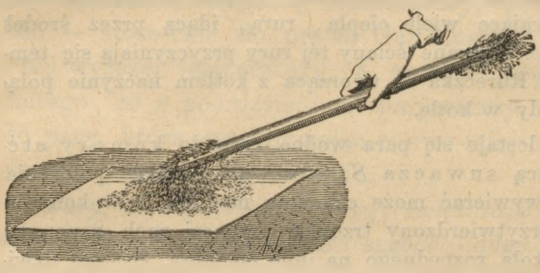
ROZDZIAŁ SZÓSTY.

O magnetyzmie.

§. 115. Zjawiska magnetyczne. Kawałek rudy żelaznéj (Fe_3O_4), w kształcie sztabki (fig. 128. str. 128.), zbliżam do opiłek żelaznych lub niklowych i spostrzegam, iż ruda owa przyciąga z odległości opiłki i że je po dotknięciu stale przytrzy-

muje. Ciała, wyposażone taką własnością, zowiemy magnetycznymi, albo także magnesami. Rozróżniamy magnesy naturalne, t. j. takie, które napotykamy w przyrodzie wyposażone trwale tą własnością, i magnesy sztuczne, t. j. takie, którym sztucznymi środkami tę własność nadajemy.

Fig. 128.



Tak magnesom naturalnym jak i sztucznym nadaje się zwykle kształt sztabki wydłużonéj lub formę podkowy (∪), lub też cienkiéj igiełki.

Fig. 129.

I. Obsypując magnes sztabkowy (fig. 129.) albo podkowiasty opiłkami żelaznymi, albo zbliżając go tylko do opiłek, spostrzeżemy, że najwięcéj opiłek przyczepi się przy samych końcach magnesu; ku środkowi uczepi się ich coraz mniéj, a w punkcie połowiącym magnes jest miejsce obojętne, na którém wcale niema opiłek żelaznych.

Siła magnetyczna, przyciągająca i przytrzymująca opiłki, jest największą w punktach, położonych blisko końców, czyli na tak zwanych biegunach. Ku środkowi magnesu maleje szybko działanie téj siły.

Biegun magnesu przyciąga sztabkę żelazną z pewnego oddalenia nawet wtedy, gdy oba te ciała rozdziela deszczułka lub ćwiartka papiéru.

Zapomocą licznych doświadczeń wykryto, że:

Siła magnetyczna działa z oddalenia podobnie jak siła ciężkości: moc jéj maleje z kwadratem oddalenia.

Na tém prawie polega urządzenie rozmaitych zabawek, gęsi pływających, zwierząt ruchomych i t. d., które porusza ukryty magnes.

II. Gdy dwie swobodne igiełki magnetyczne zawieszę na niteczkach, spostrzegę, iż obie igiełki zajmą pewne stałe położenie. Każda z nich zwróci się jednym swym końcem na północ a drugim na południe, a po wychyleniu wracają w owo stałe położenie. Koniec igiełki, zwrócony ku północy, nazywamy biegunem północnym, a drugi koniec — biegunem południowym. Bieguny północne albo południowe obu igiełek odpychają się, a biegun północny jednéj igiełki przyciąga biegun południowy drugiéj igiełki.

Bieguny równoimienne dwóch magnesów odpychają się, a bieguny różnoimienne dwóch magnesów przyciągają się.

III. Biegun n. p. północny mocnego magnesu przytrzymuje przyłożony gwóźdź z miękkiego żelaza, a gdy drugi koniec tego gwoździa zbliżymy do opiłek żelaznych, spostrzeżemy, iż opiłki czepiają się tego końca: gwóźdź żelazny stał się zatém sam magnesem. Biegun południowy tego gwoździa magnetycznego przylega do bieguna północnego sztabki magnetycznéj.

Podobnie zamieni się gwóźdź żelazny na magnes, gdy doń zbliżymy tylko sztabkę magnetyczną. Atoli żelazo traci własności magnetyczne, gdy je oddalimy od magnesu, wtedy bowiem odpadają natychmiast opiłki od gwoździa.

Z tego doświadczenia wynika, iż:

1. Magnes działa na miękkie żelazo w ten sposób, iż zamienia je także na magnes. Takie działanie magnesów na żelazo zowiemy indukcyą magnetyczną.

2. Działanie między magnesem a żelazem jest obustronne, to znaczy: magnes przyciąga do siebie żelazo, a żelazo ciągnie magnes.

3. Miękkie żelazo okazuje własności magnetyczne tak długo, jak długo pozostaje pod wpływem (w pobliżu) magnesu.

§. 116. Magnetyzowanie prętów stalowych. Cienką igłę stalową *c* (fig. 130.) pocieram jednym biegunem magnesu *A* wzdłuż całéj jéj długości, poczém odejmuję od końca igły biegun magnesu i rozpoczynam znowu od pierwszego końca posuwanie tegosamego bieguna po całéj igle. Po kilkakrotném takiém potarciu igły nabiéra ona stałych własności magnetycznych, gdyż przyciąga opiłki żelaza.

Fig. 130.

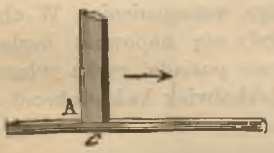
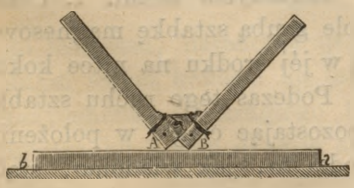


Fig. 131.

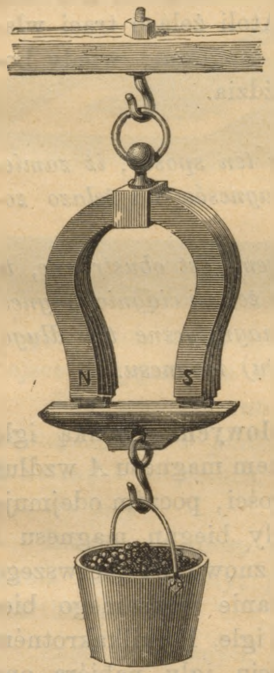


Ten sposób robienia magnesów sztucznych nazywamy pociéraniem pojedyńczém.

Grubsze sztabki lub druty należy magnetyzować zapomocą pociérania podwójnego. W tym celu przykładamy różnoimienne bieguny dwóch magnesów (fig. 131.) do środka sztabki magnetyzowanéj i poruszamy wzdłuż téj sztabki oboma magnesami, ze sobą zetkniętymi, rozpoczynając i kończąc pocieranie tak, aby każda połówka sztabki stalowéj *ab* była równą ilość razy potarta.

W ten sposób można namagnesować sztaby stalowe podkowiaste. Kilka takich magnesów, ułożonych na sobie biegunami równoimiennymi, tworzą wiązkę, czyli bateryą magnetyczną (fig. 132.). Wiązka taka może dźwigać nawet bardzo znaczne ciężary, jeśli do kotwicy żelaznéj, przyłożonéj do magnesu, przytwierdzimy małe naczyńko, do którego w ciągu kilku dni po kilka ciężarków dorzucać będziemy.

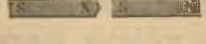
Fig. 132.



Przecinając namagnetyzowaną sztabkę stalową na dwie części (fig. 133.), spostrzeżemy, iż każdy kawałek staje się całkowitym magnesem z dwoma biegunami. Ponieważ najmniejsza cząstka, wykrojona z téj sztabki, jest zupełnym magnesem, zrobiono wniosek, iż magnes składa się z drobin, które są już kompletnymi magnesami. W stali są te drobiny bezładnie ułożone, a skutkiem pociérania magnesem układają się równolegle i zwracają wszystkie swe równoimienne bieguny w jednę stronę. Powyższe twierdzenie sprawdzić możemy następującém doświadczeniem:

Napełniwszy rurę szklaną opiłkami stalowymi i umieściwszy rurę między biegunami mocnego magnesu, spostrzeżemy, że opiłki układają się szeregami równolegle do siebie. Rurka taka zachowuje się zupełnie tak, jak ciało jakie magnetyczne, tak długo, dopóki nie pomieszamy ugrupowanych opiłek zapomocą kilkakrotnego wstrząśnienia. W chwili, kiedy opiłki ułożyły się napowrót bezładnie i przypadkowo, nie posiada rurka własności magnetycznych, jakkolwiek każdy okruch stali jest jeszcze magnesem.

Fig. 133.



§. 117. Magnetyzm ziemi. I. Ustawiam na stole grubą sztabkę magnesową pod igiełką magnesową, zawieszoną w jéj środku na nitce kokonowéj, i obracam sztabę w około. Podczas tego ruchu sztabki magnesowéj obraca się i igiełka, pozostając ciągle w położeniu równoległém do owéj sztaby. Pochodzi to, jak wiadomo, stąd, że różnoimienne bieguny obu tych magnesów przyciągają się, a siła magnetyczna sztabki, jako znacznie większa, zmusza igiełkę także do obrotu.

Igiełka magnetyczna zajmuje w sąsiedztwie silnego magnesu stałe i do niego równoległe położenie.

II. Ze stałego położenia, jakie zajmuje igiełka magnetyczna, zawieszona wolno i pozostająca w równowadze, wynika, że: *sama ziemia jest magnesem.*

Bieguny magnetyczne ziemi nie padają na bieguny geograficzne, gdyż w takim razie musiałaby leżeć igiełka w południku geograficznym każdego miejsca, co się nie potwierdza; igiełka zamyka bowiem pewien kąt z południkiem geograficznym, zwany zboczeniem magnetycznem (deklinacyą). Zboczenie magnetyczne na rozmaitych miejscach ziemi jest rozmaite, a nawet na jedném miejscu zmienia się powolnie. We Lwowie wynosi ono obecnie około 8° na zachód, t. j. kąt 8° leży na zachodniéj stronie od południka geograficznego.

Linia, przesunięta przez igiełkę, wskazującą zboczenie magnetyczne, zowie się południkiem magnetycznym (tego miejsca, w którém igiełka zawieszona).

Fig 134.

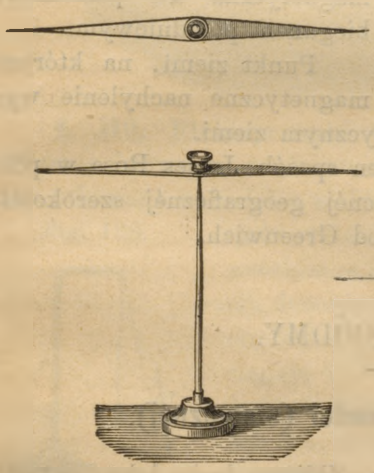
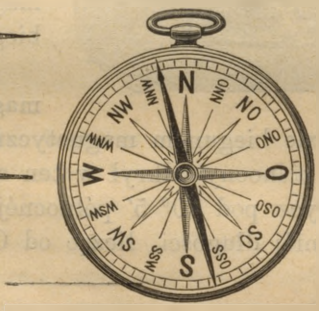


Fig. 135.



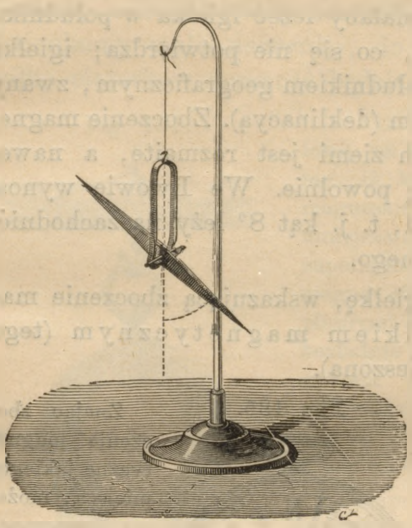
Znając zboczenie magnetyczne jakiegoś miejsca, możemy zapomocą igiełki magnesowéj (fig. 134.) oznaczyć dokładnie strony świata. Igiełki zboczenia (kompasu) (fig. 135.), używają żeglarze, górnicy i t. d. do oryentowania.

III. Jeżeli w doświadczeniu, opisaném w ustępie I., zbliżymy igiełkę do jednego bieguna silnego magnesu, natenczas spostrzeżemy, że igiełka pochyli się jednym swym końcem ku temu biegunowi; odwrotnie gdy igiełkę przysuniemy do drugiego bieguna magnesu, to pochyli się ta igiełka ku niemu drugim swoim biegunem. Natomiast pozostanie igiełka w położeniu poziomém, gdy spoczywa nad magnesem w jednakowém oddaleniu od obu jego biegunów.

Podobnie też igiełka magnetyczna (fig. 136. str. 132.), zawieszona w środku ciężkości wolno na nitce, układa się pod wpływem magnesu ziemskiego do równowagi w południku magnetycznym, przyczém (na północnéj półkuli ziemi) nachyla się

biegunem północnym ku poziomowi, zamykając z nim kąt, zwany nachyleniem magnetycznem. Przechylenie bieguna północnego igiełki pochodzi stąd, że na północnéj półkuli przyciąga biegun północny ziemi igiełkę mocniéj, aniżeli bardziéj oddalony biegun południowy. Posuwając igiełkę ku równikowi, spostrzeżemy, iż nachylenie magnetyczne zmniejszać się będzie. Miejsca w około ziemi, na których nachylenie magnetyczne równa się zeru, utworzą linią, nazwaną równikiem magnetycznym.

Fig. 136.



Na południowéj półkuli ziemskiéj pochyla się igiełka magnetyczna ku poziomowi biegunem południowym.

Punkt ziemi, na którym magnetyczne nachylenie wynosi 90°, będzie biegunem magnetycznym ziemi.

Biegun północny odkrył w ten sposób James Ross w północnéj Ameryce pod 70° 5′ północnéj geograficznéj szerokości, a 97° zachodniéj długości, licząc od Greenwich.

ROZDZIAŁ SIÓDMY.

A. Nauka o elektryczności (statycznéj).

§. 118. Zjawiska elektryczne. Zbliżam laskę laku, natartą flanelą, do skrawków papieru (fig. 137. str. 133.), rozsypanych na stole. Z pewnéj już odległości poczynają skrawki papieru przyskakiwać do laski, a po dotknięciu odpadają od niéj. Tosamo powtórzy się, jeśli zamiast laski laku, zbliżę do owych skrawków wałeczek szklany, podobnie flanelą natarty.

Niektóre ciała, potarte wzajemnie o siebie, nabywają przemijającéj własności przyciągania z niewielkiéj odległości lekkich ciałek, które, po zetknięciu się z ciałem potartém, bywają następnie odpychane. Stan ten szczególniejszy ciał zowiemy elektrycznym, a siłę, czynną podczas przyciągania i odpychania, siłą elektryczną.

Prócz zjawisk wyżéj opisanych — przyciągania i odpychania — występuje przy silniejszém pocieraniu niektórych ciał iskierka świetlna, któréj towarzyszy szmer szeleszczący, a podczas dłuższego pocierania czuć się daje właściwy zapach, podobny do zapachu fosforu. Wszystkie te zjawiska nazywamy także elektrycznymi.

Fig. 137.

§. 119. Elektryczność dodatna i ujemna. Dwie kulki z rdzenia bzowego, zawieszone na cienkich nitkach jedwabnych, czyli takzwane wahadełka elektryczne (fig. 138.), po dotknięciu się rurki szklanéj, potartéj amalgamem Kienmajerowskim (z 1 części cyny, 1 cz. cynku, 2 cz. rtęci), doznają odpychania od téj rurki. Nabywają one własności elektrycznych, gdyż same przyciągają teraz lekkie ciała. Obie kulki, zbliżone do siebie, odpychają się wzajemnie, z czego wynika, że kulki, wprowadzone w jednakowy stan elektryczny za dotknięciem laski szklanéj naelektryzowanéj, odpychają się wzajemnie. Tosamo powtórzy się, jeśli obie kulki dotkną się laski laku, potartéj flanelą. Natomiast jedna kulka, naelektryzowana rurką szklaną, przyciąga drugą kulkę (fig. 139.), którą naelektryzowaliśmy laską laku. Po zetknięciu, tracą obie kulki

Fig. 138.

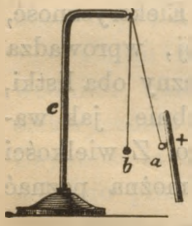
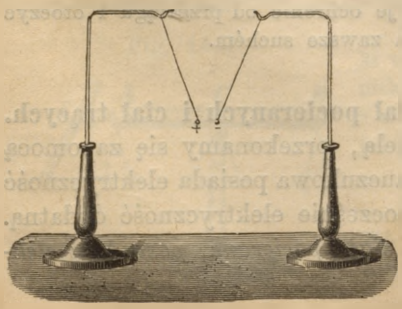


Fig. 139.



swą elektryczność, tak jak gdyby się te obie elektryczności wzajemnie zniszczyły.

Z tego doświadczenia widzimy, że obie kulki, naelektryzowane rurką szklaną albo laską laku, inaczéj się zachowują wobec siebie, aniżeli kulki, z których jedna dotknęła się rurki szklanéj, a druga wałeczka laku. Z tego odmiennego zachowania się kulek w obu wypadkach wnioskujemy, że rurka szklana posiada inny stan elektryczny, a inny laseczka laku. Elektryczność, jaką posiada rureczka szklana, potarta amalgamem, zowie się szklaną albo dodatną ($+e$), elektryczność laku nazywamy ujemną ($-e$).

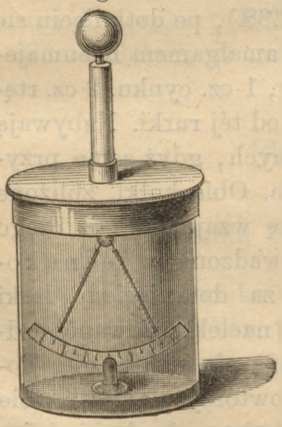
Z powyższych doświadczeń wynika nadto, że:

Ciała z elektrycznością równoimienną odpychają się, dwa zaś ciała, naelektryzowane przeciwnie, przyciągają się wzajemnie.

Wytłómacz, dlaczego skrawki papieru, po dotknięciu się potartéj laski laku, natychmiast odpadały?

§. 120. Elektroskopy. Aby dostrzéc istnienie małych śladów elektryczności, używa się czulszych przyrządów od wahadełka elektrycznego, zwanych elektroskopami. Najpowszechniej używanym jest elektroskop Benneta (fig. 140.). Do pręta metalowego, opatrzonego u góry guziczkiem mosiężnym, przytwierdza się na drugim końcu dwa listki pozłótki, albo dwie cienkie słomki. Elektryczność, udzielona gałce metalowéj, wprowadza w jednakowy stan elektryczny oba listki, które się rozchylają podobnie, jak wahadełka z rdzenia bzowego. Z wielkości odchylenia obu listków można poznać wielkość siły elektrycznéj.

Fig. 140.



Zwykle osłania się listki kloszem szklanym, aby je ochronić od przeciągu i otoczyć powietrzem zawsze suchém.

§. 121. Stan elektryczny ciał pocieranych i ciał trących. Pocierając rurkę kauczukową flanelą, przekonamy się zapomocą czułego elektroskopu, że rurka kauczukowa posiada elektryczność ujemną, flanela zaś okazuje równocześnie elektryczność dodatną.

Oba ciała, t. j. ciało trące i ciało pocierane, posiadają elektryczność, ale przeciwną sobie.

Zachowanie to odnosi się do wszystkich ciał, które przez potarcie w stan elektryczny wprowadzone być mogą, przyczém jedno i tosamo ciało wśród rozmaitych warunków może raz występować z elektrycznością dodatną, drugi raz z elektrycznością ujemną. Zależy to mianowicie:

1. Od przyrody ciała pocieranego: laska szklana, pocierana flanelą, jest dodatnio elektryczną, laska kauczukowa lub laska laku, pocierana tąsamą flanelą, jest ujemnie elektryczną.

2. Od przyrody ciała trącego: laska kauczukowa, potarta jak powyżéj flanelą, nabywa elektryczności ujemnéj, zaś pocierana bawełną strzelniczą, okazuje elektryczność dodatną.

§. 122. Przewodzenie elektryczności. Kulka metalowa, wsparta na nóżce szklanéj, okazuje się ze wszech stron elektryczną, jakkolwiek dotknąłem się jéj potartą rurką kauczukową w jednym tylko punkcie.

Ciała, które posiadają tę własność, że naelektryzowane w jednem miejscu, rozprowadzają tę elektryczność po całéj swéj powierzchni, zowiemy dobrymi przewodnikami elektryczności, dla odróżnienia od złych przewodników, które w jakimś punkcie naelektryzowane, nie rozprowadzają na dalsze części téj elektryczności.

Do dobrych przewodników należą metale, rudy, węgiel, kwas siarkowy, ciało ludzkie i zwierzęce, para wodna i t. d.

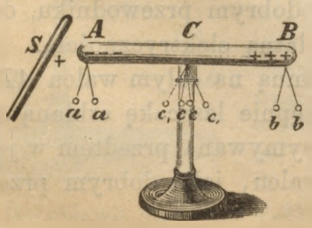
Złymi przewodnikami są: szkło, gutapercha, suche powietrze, lód, siarka, wosk, żywice, włosy, kość słoniowa i t. d.

Pośrednie miejsce zajmują: marmur, kréda, papier, drzewo, kość, tłuste oleje i t. d.

Chcąc zatém zatrzymać elektryczność na dobrym przewodniku, należy otoczyć go w około złymi przewodnikami, aby elektryczność nie mogła przejść na inny dobry przewodnik. Czynność ta nazywa się odosobnianiem albo izolowaniem dobrego przewodnika.

Zwykle odosabnia powietrze, jeżeli jest suche, jednę część ciała; druga część wspiera się na nóżce czyli podstawce lub na zawieszeniu, sporządzoném z ciała, źle przewodzącego, czyli z takzwanego izolatora.

Fig. 141.



Łatwo teraz wytłómaczyć, dlaczego kulki wahadełek elektrycznych zawieszamy na nitkach jedwabnych, dlaczego doświadczenia z elektrycznością nie udają się prawie wcale, jeżeli powietrze jest nasycone parą wodną.

§. 123. Elektryzowanie ciał. I. Do walca mosiężnego *AB* (fig. 141.), osadzonego na nóżce szklanéj, przytwier-

dzam w różnych miejscach po dwa wahadełka elektryczne na nitkach metalowych. Następnie przybliżam laskę szklaną *S*, naelektryzowaną elektrycznością dodatną. Trzymając ową laskę w niewielkiém oddaleniu od wałeczka *AB*, spostrzegam, że wahadełka na obu końcach walca znacznie się rozchyliły, że zatém cały walec nabył elektryczności wskutek przybliżenia łaski *S*.

Chcąc się przekonać, czy cały walec metalowy posiada jednę tylko elektryczność, przybliżmy równocześnie drugą ręką do końca *B* laseczkę szklaną, naelektryzowaną dodatnio, a przekonamy się, że wahadełka *bb* rozchylają się jeszcze bardziéj, że zatém w końcu *B* jest elektryczność dodatna.

Laseczka laku z elektrycznością ujemną, przybliżona do rozchylonych wahadełek *aa* na drugim końcu *(A)* walca, wywoła jeszcze większe rozchylenie; na tym więc końcu występuje elektryczność ujemna. .

Ponieważ wahadełka *cc* w środku *(C)* walca spokojnie wiszą, jestto dowodem, iż w połowie walca nie ma żadnéj elektryczności. Z powyższych doświadczeń wynika, że:

1. Ciało naelektryzowane zdoła wzbudzić w drugiém ciele elektryczność z pewnego nawet oddalenia.

2. Na ciele, w którém wzbudzono elektryczność, występują równocześnie obie elektryczności, t. j. dodatna i ujemna.

3. Na końcu ciała, położonym bliżéj laseczki elektryzującéj, występuje elektryczność różnoimienna; jeżeli zatém laseczka (S) miała elektryczność dodatną, to na bliższym końcu pojawia się elektryczność ujemna, a na końcu, bardziéj od laseczki oddalonym, elektryczność dodatna.

4. W połowie ciała istnieje pas obojętny, na którym nie ma śladu elektryczności.

II. Dotykając się końca *B* ręką, odprowadzamy elektryczność dodatną do ziemi, co téż łatwo poznać po opadnięciu wahadełek *bb*, a z rozchylenia ciągłego wahadełek *aa* wnioskujemy, że elektryczność ujemna na końcu *A* pozostaje ciągle niezmienną, że zatém elektryczność laseczki ją przytrzymuje czyli wiąże, nie pozwalając jéj przejść po ręce, jako dobrym przewodniku, do ziemi, jak to się stało z odpychaną dodatną elektrycznością.

Aby zatém mieć elektryczność ujemną na całym walcu *AB*, należy oddalić od końca *B* rękę, a następnie laseczkę szklaną *S*: natenczas elektryczność ujemna, przytrzymywana przedtém w jednym końcu, rozejdzie się po całym walcu, jako dobrym przewodniku.

Dlaczego należy pierwéj oddalić rękę od końca *B*, a późniéj dopiéro laseczkę? Coby się stało, gdybym pierwéj oddalił od końca *B* laseczkę *S*, a potém dopiéro rękę?

Jeżeli zaś dotkniemy się walca laseczką *S*, nie odprowadziwszy wcale elektryczności dodatnéj, nagromadzonéj na drugim końcu *B*, natenczas elektryczność ujemna walca, znajdująca się w *A*, zobojętnia się z elektrycznością dodatną laseczki, a po oddaleniu laski szklanéj *S*, rozmieści się elektryczność dodatna, odpychana pierwéj, na całym walcu metalowym.

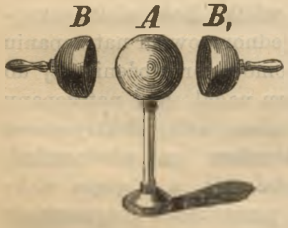
Zapomocą wpływu, czyli influencyi, można każde ciało naelektryzować dodatną lub ujemną elektrycznością.

Opisać całe postępowanie, jeśli chcemy zapomocą laski laku naelektryzować dodatnio lub ujemnie powyższy wałeczek metalowy!

Opisać działanie influencyi między laską szklaną naelektryzowaną a wahadełkiem elektrycznem! Dlaczego kulka z rdzenia bzowego najpierw zbliża się do laski szklanéj, a po dotknięciu bywa od niéj odpychaną? W czém jest influencya elektryczna podobną do indukcyi magnetycznéj, a czém się różni od niéj?

§. 124. Rozmieszczenie elektryczności na ciałach. Kulę metalową *A* (fig. 142.), odosobnioną, elektryzujemy zapomocą dotknięcia się potartą laską szklaną. Nasuwając następnie na *A* dwie półkule *B* i B_1, przylegające szczelnie do kuli *A*, spostrzeżemy po nagłém odsunięciu tych półkul, że kula *A* żadnego śladu elektryczności nie objawia, a półkule przyciągają natomiast wahadełko elektryczne. Wszystka zatém elektryczność przeszła z kuli *A* na obie półkule w owéj chwili, gdyśmy je nasunęli na kulę *A*.

Fig. 142.



Z powyższego doświadczenia wynika, że *elektryczność gromadzi się tylko na powierzchni ciała*, a gdy ciału nadamy nową powierzchnię, to elektryczność przechodzi natychmiast na nią.

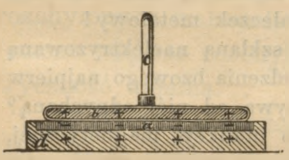
Fig. 143.

Woreczek muszlinowy (fig. 143.), rozpięty na kółku metalowém i naelektryzowany, przyciąga wahadełko tylko na zewnętrznéj powierzchni, wewnątrz zaś nie ma śladu elektryczności. Po wywróceniu woreczka, zapomocą sznurka jedwabnego ab_1, spostrzeżemy, że obecnie nowa powierzchnia zewnętrzna, to jest ta, która przedtém w środku była, objawia działanie elektryczne.

Elektryczność pozostaje na powierzchni ciała tylko w przymusowéj równowadze, ponieważ ciało otacza w około zły przewodnik, usiłuje atoli choć w nieznacznych ilościach porzucić to ciało, a przejść na inne. Dążność tę nieustanną elektryczności, do porzucania zajmowanéj na ciele powierzchni i przejścia na inny przewodnik, nazywamy napięciem elektrycznem. Wskutek tego napięcia rozprasza się elektryczność, pomimo że ciało naelektryzowane otacza wokoło zły przewodnik.

§. 125. Machiny elektryczne. 1. Elektrofor (fig. 144.) składa się z krążka żywicznego *a*, o powierzchni bardzo wygładzonéj, umieszczonego w metalowéj płaskiéj misie *d*. Na krążku spoczywa nakrywka *b* z drzewa, oklejonego staniolem, którą w razie potrzeby zapomocą trzonka izolującego *c* podnieść można.

Fig. 144.



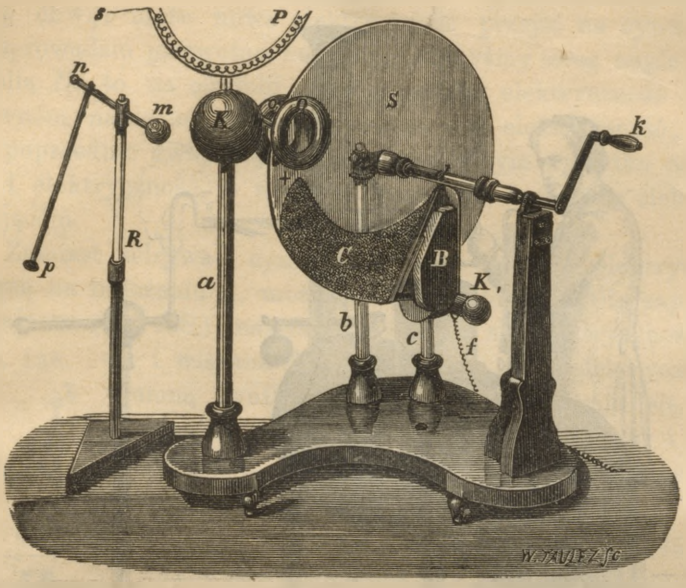
Natrzepując futrem kociém lub lisim ogonem krążek żywiczny, wprowadzamy go w stan elektryczny. Elektryczność ujemna krążka elektroforu rozdziela elektryczność nakrywki, położonéj na ten krążek, wiążąc elektryczność dodatną. Ujemną elektryczność na krążku odprowadza się ręką do ziemi. Po podniesieniu nakrywki zapomocą trzonka szklanego, staje się wiązana dotąd na nakrywce elektryczność (dodatna) wolną i może być użytą do robienia doświadczeń elektrycznych.

Elektrofor wytwarza wprawdzie niebardzo wielką ilość elektryczności, natomiast przedstawia tę dogodność, że po jednorazowém natrzepaniu można pokrywkę kilka razy naelektryzować zapomocą przyłożenia jéj do krążka, nieosłabiając przez to działania elektroforu nadal. Raz natrzepany krążek może służyć do użytku po kilku nawet miesiącach; elektryczność bowiem pokrywy, wiążąca elektryczność elektroforu na powierzchni, i elektryczność podobnie wzbudzona w misie metalowéj, a wiążąca elektryczność krążka żywicznego z dołu i z boków, przeszkadza rozpraszaniu się jéj w powietrze.

2. Machina Wintera (fig. 145. str. 139.) składa się z tafli kołowéj szklanéj *S*, osadzonéj na poziomej osi *d*, także szklanéj, korbą *k* opatrzonéj i przechodzącéj przez środek szyby. Szyba szklana ociera się podczas obrotu o dwie skórzane poduszki *B*, powleczone amalgamem kienmajerowskim, przyczém tafla, jak wiadomo, elektryzuje się dodatnio, a amalgam ujemnie. Elektryczność podchodzi razem ze szybą, po wykonanym niemal półobrocie, do metalowéj kuli *K*, zwanéj konduktorem, od którego wybiegają dwa drewniane pierścienie OO_1, osadzone na trzonku

metalowym tak, że między nimi szyba łatwo przechodzić może podczas obrotu. Kolce metalowe, nabite na obu pierścieniach od

Fig. 145.



strony przesuwającéj się szyby, rozpraszają elektryczność przyciąganą swoję i konduktora, która się niszczy z elektrycznością szyby. Elektryczność dodatna odpychana gromadzi się na konduktorze. Jak z tego widzimy, elektryczność na szybie wzbudza elektryczność na kolcach i konduktorze, niszczy się z ujemną, a dodatna rozchodzi się swobodnie po całym konduktorze.

Elektryczność ujemna, powstająca na amalgamie poduszek, schodzi po pasku metalowym na walec mosiężny K_1, czyli konduktor ujemny, skąd schodzi po łańcuszku *f* do ziemi.

Konduktor K_1 łączymy często tymsamym łańcuszkiem *f* z rozbrajaczem *R*, zapomocą którego elektryczność ujemna w kulce *m* raźniéj się zobojętnia z elektr. dodatną na konduktorze *K* i tworzy przytém długie wężykowate iskry.

3. Wskutek tarcia pary, uchodzącéj z kotła (fig. 146. str. 140.), o krawędzie otworu, wyścielonego drzewem, wytwarza się w niéj elektryczność dodatna, którą można zebrać stosownym przyrządem na konduktorze. Kocioł, odosobniony zapomocą nóżek szklanych, okazuje el. ujemną. Pierwszą taką machinę elektryczną zbudował Armstrong.

§. 126. Przyrządy, służące do zgęszczania elektryczności. 1. Tablica Franklina (fig. 147. str. 140.) jest to tafla szklana *(S)*, pokryta z obu stron cynfolią. Brzegi wolne tafli powleka

się lakiem. Po dotknięciu jednego obłożenia (n. p. *A*) ciałem naelektryzowaném, przechodzić będzie elektryczność na to obło-

Fig. 146.

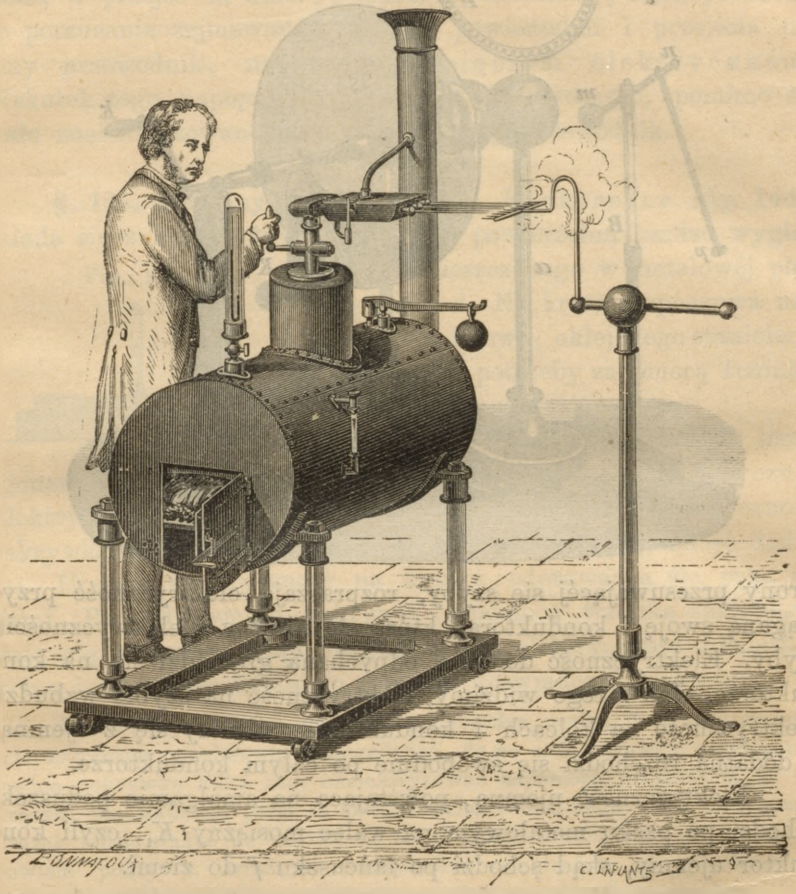
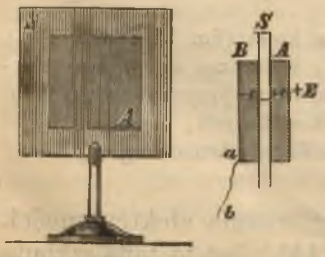


Fig. 147.



żenie tak długo, dopóki napięcie elektryczne na cynfolii nie zrówna się z napięciem ciała elektrycznego. Takby się miały rzeczy, gdyby po drugiéj stronie szyby nie było obłożenia z cynfolii. Elektryczność na obłożeniu *A* działa przez wpływ na obłożenie *B*, przyciąga — *e*, która, nie mogąc zobojętnić się z elektrycznością dodatną obłożeniu *A*, wiąże przynajmniéj pewną część téj elektryczności. Dodatna influencyjna elektryczność

spływa z obłożenia *B* po drucie *ab* do ziemi. Na cynfolii *A* nie posiada elektryczność pierwotnego napięcia, gdyż część jéj, jak już powiedziano, wiąże się z elektrycznością ujemną obłożenia *B*. W téj chwili może nowa elektryczność przejść na cynfolią *A*, aby sprowadzić pierwotne napięcie. Gdybyśmy teraz nagle zdarli cynfolią *B*, to na cynfolii *A* wystąpiłaby elektryczność wolna o dawném napięciu, a nadto jeszcze i ta elektryczność, która była poprzednio związaną. Mamy zatém w tym wypadku na cynfolii *A* elektryczność, o większém napięciu, aniżeli na ciele elektryzującém.

Zamiast odrywać cynfolią *B*, aby uwolnić elektryczność wiązaną na obłożeniu *A*, można połączyć obie cynfolie zapomocą rozbrajacza (fig. 148.), natenczas zobojętni się elektryczność wolna i wiązana dodatna cynfolii *A* z elektrycznością ujemną cynfolii *B*, a tablica rozbraja się. Rozbrojeniu towarzyszy gwałtowny trzask i iskra elektryczna, które świadczą o wielkiém napięciu zobojętnionéj elektryczności.

Fig. 148.

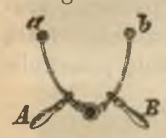
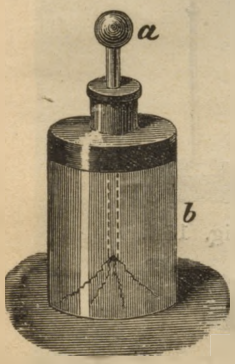


Fig. 149.



2. Butelka lejdejska (fig. 149.) jest tylko odmienną formą tablicy Franklina. Wewnętrzne obłożenie szklanéj butelki wychodzi w wystający guzik metalowy *a*, który się elektrycznością nabija. Zewnątrz znajduje się drugie obłożenie *b*, na którém elektryczność przeciwna, wzbudzona i przyciągana influencyą, wiąże pewną część elektryczności środkowego obłożenia. Rozbrajanie uskutecznia się podobnie, jak u tablicy Franklina.

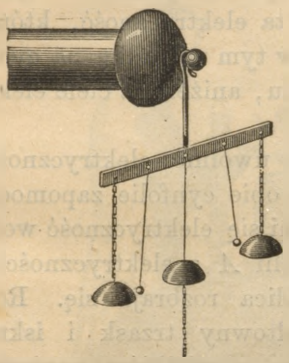
Fig. 150.

3. Kondensator nie jest niczém inném, jak tylko tablicą Franklina, a służy do wykrycia nader małych śladów elektryczności. Krążek metalowy elektroskopu Benneta (fig. 150.) pokrywa się w tym celu szelakiem, jako dobrym izolatorem; na tym krążku spoczywa druga podobna płyta metalowa *B* (kondensator), opatrzona trzonkiem izolującym. Dolnego krążka (od spodu), przedstawiającego jedno obłożenie tablicy, dotykamy się ciałem elektrycznem, trzymając równocześnie palcem kondensator, spoczywający podczas nabijania na kolektorze. Kondensator wiąże część elektryczności wolnéj, przez co może nowa ilość elektryczności dostać się z owego ciała na kolektor. Gdy nakoniec podniesiemy górną płytkę (kondensator), uwolnimy na kolek-

torze wiązaną elektryczność, która wspólnie z wolną elektrycznością zdoła nareszcie rozchylić listki elektroskopu.

§. 127. Doświadczenia z machiną elektryczną. 1. Dzwonki elektryczne. Elektryczność spływa z konduktora (fig. 151.) po łańcuszkach do obu skrajnych dzwonków, tu przyciąga kuleczki metalowe, zawieszone na nitkach jedwabnych. Kuleczki metalowe, nabrawszy same elektryczności, zostają odpychane, a uderzając następnie o dzwonek środkowy, oddają mu cały zapas elektryczności, która spływa po łańcuszku do ziemi.

Fig. 151.



2. Grad elektryczny. Kuleczki z rdzenia bzowego (fig. 152.) podskakują do krążka metalowego, na który spływa elektryczność z konduktora, a naelektryzowawszy się same, bywają odpychane, spadają na dno, połączone ze ziemią, tracą swą elektryczność i podskakują ponownie.

Fig. 152.

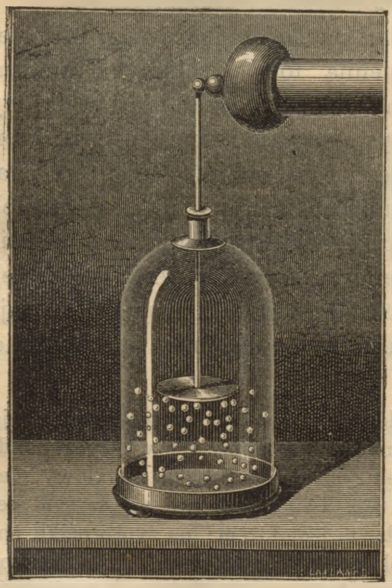


Fig. 153.

Fig. 154.

3. Młynek elektryczny (fig. 153.), składa się z paska grubego, papierowego, który naokoło osi, umieszczonéj w środku, obracać się może. Elektryczność, uchodząca z ostrych końców tego paska, powoduje obrót paska w stronę przeciwną, podobnie jak u kółka w młynku Segnera. 4. Iskra elektryczna przebija lub kruszy złe przewodniki (fig. 154.). 5. Wskutek odpychania elektryczności

równoimiennych podnoszą się włosy na głowie u-osób, stojących na stołeczku izolującym, czyli takzwanéj wyspie elektrycznéj. Papierki, wąsko pocięte, wyprostowują się w poziomie, tworząc baldachim, skoro je naelektryzujemy. 6. Iskra, przeskakująca z konduktora na narządy zmysłów naszych, wywołuje wrażenia im odpowiednie, a zatém błyśnięcie w oku, szum w uchu, smak w ustach, jeśli elektryczność przechodzi z kolca ostrego na język. Uderzenie gwałtownéj iskry może nawet porazić człowieka.

7. Przejście obu elektryczności przez powietrze zaznacza smuga świetlna, którą nazwaliśmy iskrą elektryczną. Światło to pochodzi od cząstek rozżarzonych i porwanych tych ciał, z których elektryczność

Fig. 155.

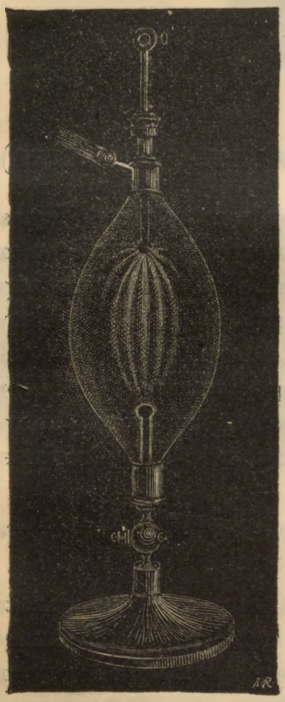


Fig. 156.

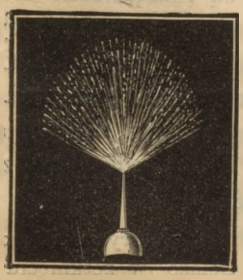
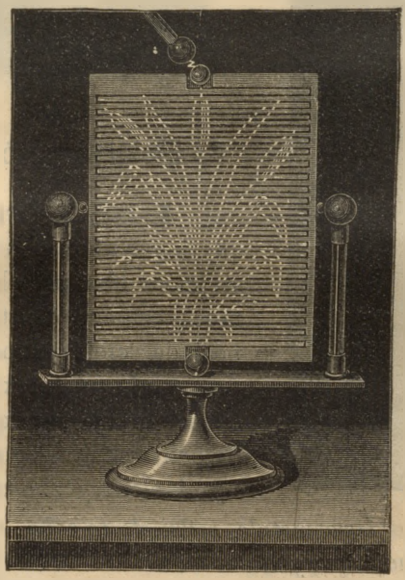


Fig. 157.



uchodzi, a po części od rozżarzenia cząstek powietrza lub gazu, przez który bije iskra. Iskra elektryczna w powietrzu rozrzedzonem jest zabarwiona na fiołkowo. Jaje elektryczne (fig. 155.). Iskra elektryczna w powietrzu zgęszczonem odznacza się lśniącą białością. Elektryczność tworzy formalne wytryski, jeśli uchodzi z ostrego kolca (fig. 156.), albo rozpada się na wiele drobnych iskierek, tworzących nieraz prześliczne figury, jeśli każemy jéj przeskakiwać po dobrym przewodniku, naklejonym małymi kawałeczkami na płycie szklanéj (fig. 157.), lub na rurce szklanéj. Berło elektryczne (fig. 158. str. 144.).

8. Iskra elektryczna zapala wskutek wysokiéj temperatury proch strzelniczy (w minach) wyskok, eter (fig. 159.) i t. d.

Fig. 158.

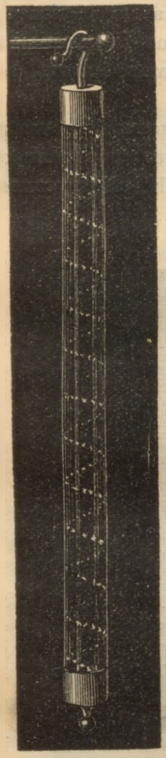
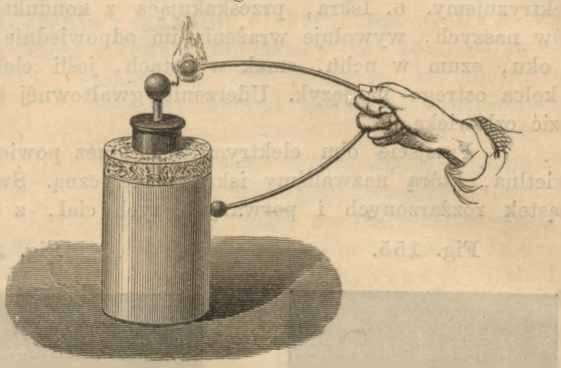


Fig. 159.



B. Elektryczność voltaiczna (galwaniczna).

§. 128. Doświadczenia zasadnicze. Stykam płytkę cynkową z miedzianą; po oddaleniu następném obu płytek od siebie spostrzegam zapomocą czułego elektroskopu, iż płytka cynkowa posiada elektryczność dodatną, a płytka miedziana okazuje elektryczność ujemną. W podobny sposób mogę zapomocą samego zetknięcia innych dwóch metalów, naelektryzować je różnoimiennymi elektrycznościami.

Dwa metale, zetknięte ze sobą, elektryzują się elektrycznościami różnoimiennymi.

Volta wykrył, iż metale i niektóre inne stałe ciała można zestawić w szereg w takim porządku, że każdy z nich, zetknięty z którymkolwiek następnym, elektryzuje się dodatnio, gdy następny elektryzuje się ujemnie; powtóre, że elektryczności wzbudzone są tém silniejsze, im bardziéj są rozstawione metale w szeregu Volty, a zatém: w szeregu, podanym poniżéj, cynk, zetknięty z platyną, wytworzy elektryczności najsilniejsze. Ciała te nazwał Volta przewodnikami pierwszorzędnymi.

Szereg przewodników pierwszorzędnych jest następujący: cynk *(Zn)*, ołów *(Pb)*, cyna *(Sn)*, żelazo *(Fe)*, miedź *(Cu)*, złoto *(Au)*, srebro *(Ag)*, węgiel *(C)*, platyna *(Pt)*. –

W powyższym szeregu cynk posiada dodatną elektryczność po zetknięciu ze wszystkimi następnymi ciałami. Żelazo w zetknięciu np.

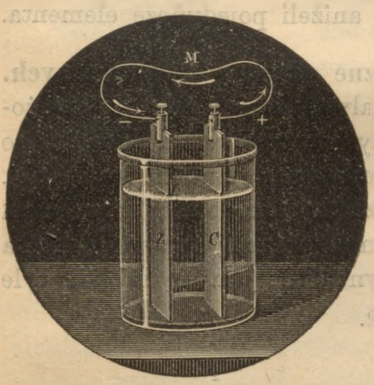
z miedzią lub ze złotem ma elektryczność dodatną, natomiast posiada żelazo elektryczność ujemną, jeśli je zetkniemy z cyną, ołowiem lub cynkiem.

Inne ciała (szczególniéj płyny), które się nie stosują do prawa powyższego szeregu Volty, nazywamy przewodnikami drugorzędnymi.

W wodzie i roztworze tlenku potasu stają się wszystkie metale ujemnie elektrycznymi. W rozwodnionym kwasie siarkowym są cynk, żelazo i miedź ujemnie elektryczne, zaś złoto i platyna dodatnio elektryczne.

§. 129. Galwaniczne elementa (prądniki). Cynk i miedź, zetknięte ze sobą, okazują tylko ślady elektryczności; natomiast budzi się w nich więcéj elektryczności, jeśli je zanurzymy w rozwodnionym kwasie siarkowym. Pochodzi to stąd, iż akcya chemiczna między kwasem siarkowym a cynkiem tworzy nowe źródło elektryczności. Od cynku, zanurzonego w kwasie siarkowym (fig. 160.), dąży elektryczność dodatna przez płyn do miedzi, stąd idzie wystającym końcem miedzi przez drut *M* napowrót ku cynkowi. W podobny sposób dąży elektryczność ujemna od miedzi przez ciecz do cynku, a stąd po drucie *M* ponad naczyniem napowrót do miedzi. Jak z tego widzimy, oba metale, ciecz i drut *M* u góry tworzą zamknięte koło, po którém obie elektryczności krążą i zobojętniają się. Koło to zamknięte nazywamy kołem łącznikowém.

Fig. 160.



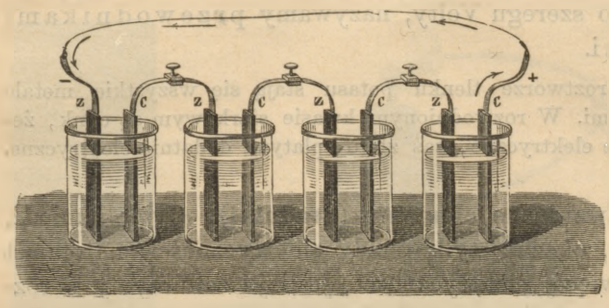
Krążenie elektryczności po zamkniętém kole łącznikowém nazywamy prądem galwanicznym albo voltaicznym.

Jeśli mówimy o prądzie, krążącym w pewnym kierunku, natenczas należy rozumieć kierunek, po którym krąży elektryczność dodatna.

Gdy drut *M* przerwiemy, natenczas koło łącznikowe jest także przerwane, a prąd przestaje krążyć. Koniec miedzi, wystający ponad cieczą, zowie się biegunem dodatnim, a wystający z cieczy koniec cynku — biegunem ujemnym. Dwa przewodniki pierwszorzędne, zanurzone w stosownéj cieczy, tworzą element galwaniczny albo prądnik.

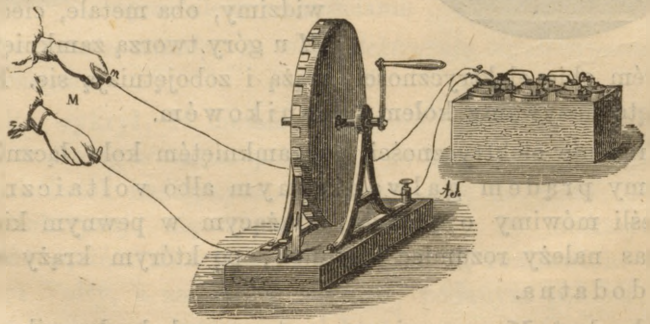
Połączenie kilku elementów nazywamy stosem galwanicznym. Fig. 161. przedstawia stos Volty, złożony z cztérech elementów kubkowych. Jak rysunek wskazuje, łączy się *Cu* pierwszego elementu z *Zn* drugiego, *Cu* drugiego z *Zn* trzeciego elementu i t. d. Miedź ostatniego elementu łączy się drucikiem z pierwszym cynkiem, aby utworzyć koło łącznikowe, po którém w górze, t. j. po druciku, krąży prąd od *Cu* (bieguna dodatniego) do cynku (bieguna ujemnego). Stosy galwaniczne wytwarzają prądy silniejsze, aniżeli pojedyńcze elementa.

Fig. 161.



§. 130. Działania fizyologiczne prądów galwanicznych. Dotykając się obu biegunów stosu galwanicznego rękami, zwilżonymi zakwaszoną wodą, doznajemy wstrząśnienia, podobnego temu, jakie uczuwamy w chwili rozbrajania butelki lejdejskiéj. Wstrząśnienia te powtarzają się za każdorazowém otwarciem i zamknięciem stosu, wykonywaném najczęściéj zapomocą kółka zębatego (fig. 162.). Ile razy sprężyna *f* dotyka się ząbka, tyle

Fig. 162.



razy zamyka stos, a gdy sprężyna zapadnie w lukę wykrojoną, następuje otwarcie stosu.

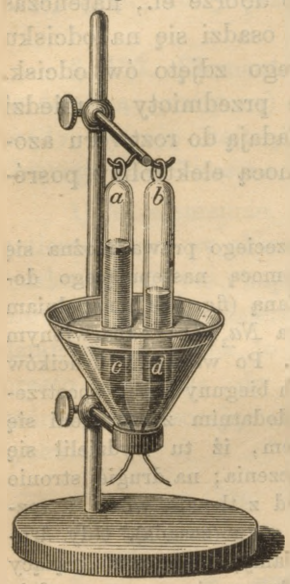
Prądów przerywanych używają jako środka leczniczego przeciw porażeniu lub ubezwładnieniu pewnych części organizmu ludzkiego.

Drgania mięśni u świeżych preparatów z żab pod wpływem elektryczności dały powód lekarzowi Galvaniemu do odkrycia elektryczności, nazwanéj przez niego zwierzęcą. Profesor Volta odkrył prawdziwe źródło

elektryczności, poruszającéj mięśnie preparowane, sprawdziwszy, że ilekroć drucik miedziany, na którym zawieszone było udo żabie, dotknął się pręta cynkowego, natychmiast pojawiały się drgania mięśni.

§. 131. Działania chemiczne prądu. W przyrządzie (fig. 163.) napełniam wodą, nieco zakwaszoną, szerokie szklane naczynie i oba wałeczki *a* i *b*. W otworach obu tych wałeczków, zwróconych na dół, umieszczam dwie blaszki platynowe. Blaszkę *c* łączę zapomocą wystającego druta z biegunem dodatnim stosu galwanicznego, zaś blaszkę *d* z biegunem ujemnym tegosamego stosu. W krótkim czasie prąd krążący rozłoży wodę na wód i tlen. Wód zbierze się w wałeczku *b* nad biegunem ujemnym, a tlen w wałeczku *a* nad biegunem dodatnim. Wodoru zbierze się dwa razy większa objętość, aniżeli tlenu.

Fig. 163.



Czynność tę prądu nazywamy elektrolizą. Ciała, które prąd elektryczny rozkłada, zowiemy elektrolitami, a otrzymane części składowe — np. z wody wód i tlen — jonami. Biegun dodatni stosu zowiemy anodą, biegun ujemny katodą, oba zaś bieguny elektrodami. Jon, zbierający się przy anodzie, nazywa się anionem, drugi składnik, występujący przy katodzie, kationem.

Prawa elektrolizy, wykryte zapomocą doświadczeń, są następujące:

1. Elektrolity podlegają tylko w stanie płynnym elektrolizie, gdyż tylko wtedy przewodzą elektryczność.

Wyjątek z téj reguły tworzą niektóre ciała, jak wodnik sodowy i potasowy, salmiak i t. d.

2. Jony wydzielają się podczas elektrolizy w takim stosunku co do ilości, w jakim stosunku wchodzą w połączenie. Np. H_2 *i O z wody.*

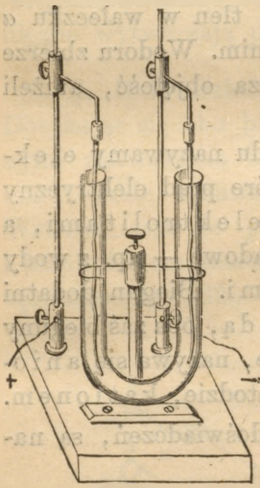
3. Wszystkie metale i te ciała, które w połączeniach mogą być za metal podstawione (np. H), występują przy biegunie ujemnym, są zatém ciałami elektrododatnymi (kationami); druga zaś część rozłożonego połączenia gromadzi się na anodzie, jest zatém ciałem elektroujemném (anionem).

*

Jeśli dwie blaszki platynowe, wybiegające z obu biegunów stosu, zanurzymy w roztworze siarkanu miedzi *(CuSO₄)*, to spostrzeżemy, że *CuSO₄* ulega rozkładowi: Miedź osiada na blaszce, tworzącéj biegun ujemny, a *SO₄* łączy się przy biegunie dodatnim z *H₂* wody i tworzy kwas siarkowy *(SO_4H_2)*.

Jeżeli zamiast blaszki platynowéj, jako katody, użyjemy formy albo odcisku z ciała, przewodzącego dobrze el., natenczas miedź wydzielona pokryje tę formę, albo osadzi się na odcisku i utworzy podobiznę przedmiotu, z którego zdjęto ów odcisk. Na téj zasadzie wyrabiają dziś rozmaite przedmioty z miedzi drogą elektrolityczną, które następnie wkładają do roztworu azotanu srébra lub dwuchlorku złota i zapomocą elektrolizy posrébrzają lub pozłacają. (Galwanoplastyka.).

Fig. 164.



O prawdziwości trzeciego prawa można się przekonać jeszcze zapomocą następującego doświadczenia. Rurkę szklaną (fig. 164.) napełniam roztworem soli Glaubera *Na_2SO_4*, zabarwionym na niebiesko lakmusem. Po włożeniu drucików platynowych, tworzących bieguny stosu, spostrzegę, iż przy biegunie dodatnim zaczerwieni się roztwór. Jestto dowodem, iż tu wydzielił się kwas *($SO_3 + O$)* z połączenia; na drugiéj stronie łączy się wydzielony sód z tlenem wody i rozpuszcza się jako tlenek sodu (zasada). Gdy druciki platynowe pomieniamy, natenczas krążący prąd spowoduje rozkład przeciwny: tam gdzie osadził się kwas, wydziela się obecnie sód, a ten zamieniając się natychmiast na tlenek sodu (zasadę), przewraca cieczy zaczerwienionéj barwę pierwotną, t. j. niebieską.

Coby się stało, gdyby prąd krążył jeszcze dłużéj?

§. 132. Stateczność elementów. W elemencie kubkowym (fig. 160.), powyżéj opisanym, krąży z początku prąd bardzo mocny, późniéj atoli staje się słabszym, a po niejakim czasie zupełnie ustaje. Pochodzi to stąd, że kwas siarkowy łączy się z cynkiem w siarkan cynku *($ZnSO_4$)*, ten rozpuszcza się w reszcie płynu i następnie rozkłada się pod wpływem prądu na dwa składniki *Zn* i *SO₄*. Cynk wydzielony osiada teraz na miedzi. Wskutek tego w krótkim czasie miedź powlecze się powłoką cynkową i następuje chwila, w któréj prąd ustaje. Drugi rozłożony składnik *SO₄* gromadzi się przy cynku, a stykając się z wodorem, pierwéj uwolnionym, zamienia się napowrót na *SO_4H_2*.

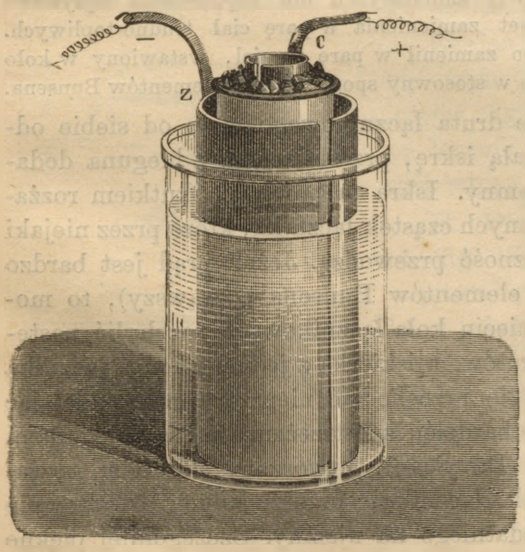
Aby przeszkodzić osadzaniu się cynku na miedzi, rozgradzamy oba metale ścianką dziurkowatą, która pozwala cieczy przechodzić na obie strony, ale powstrzymuje wydzielający się metal.

Elementa, opatrzone taką ścianką dziurkowatą z gliny, gipsu, grubego płótna i t. d., nazywamy statecznymi, gdyż w nich krąży prąd, który przez dłuższy czas nie ulega osłabieniu.

§. 133. Elementa i stosy, częściéj używane. Z elementów ze ścianką (przeponą) dziurkowatą, a więc dających stateczne prądy, bywają najczęściéj używane elementa pomysłu Daniela, Grovego lub Bunsena.

1) W elemencie Daniela cynk jest zanurzony w SO_4H_2, umieszczonym w obszernym szklanym słoju, a miedź we wałeczku gipsowym, napełnionym witryolem miedzi $(CuSO_4)$. Ponieważ miedź wydziela się z witryolu i osiada na wałeczku miedzianym, a przez to rozcieńczenie roztworu prąd się osłabia, przeto nasypują do naczyńka gipsowego kryształów $CuSO_4$, które, rozpuszczając się, utrzymują roztwór ciągle w stanie nasycenia.

Fig. 165.



2) W elemencie Grovego używa się zamiast miedzi platyny, zanurzonéj w kwasie azotowym.

3) W elemencie Bunsena (fig. 165.) zastąpiono platynę tańszym węglem, reszta jest tak, jak w elemencie Grovego.

4) Często używamy elementu, w którym cynk i węgiel zanurzony jest w roztworze dwuchromanu potasowego (fig. 166. str. 150.), albo takzwanego elementu meidingerowskiego (fig. 167. str. 150.), w którym cynk zanurzamy w roztworze soli gorzkiéj, a miedź w rozpuszczonym siarkanie miedzi $(CuSO_4)$.

5) Element Smee-ego składa się z cynku i blaszki srébrnéj, powleczonéj czernią platynową; oba metale zanurzamy w rozwodnionym kwasie siarkowym.

Fig. 166.

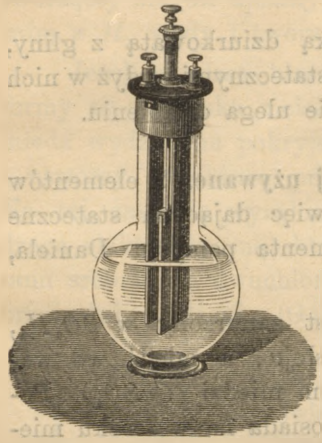
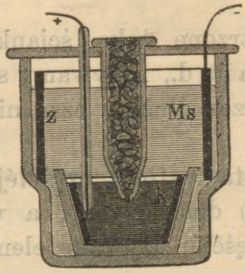


Fig. 167.



6) Suchy stos Zamboniego, utworzony z krążków, wyciętych z takzwanego papiéru złotego *(Cu)* i srébrnego *(Zn)*, złożonych ze sobą stronami białymi, zachowuje bardzo długo stan elektryczny.

§. 134. Prądy galwaniczne wywołują ciepło i światło. I. Jeśli stos galwaniczny, utworzony z kilkunastu elementów, n. p. bunsenowskich, zamkniemy cienkim drutem żelaznym, spostrzeżemy, iż podczas krążenia prądu drut rozgrzéwa się do białego żaru, a nawet w parę się zamienia. Drucik platynowy rozżarza się śród powyższych warunków do białości, a nawet topi się częściowo.

Działań termicznych prądu używamy do zapalania min prochowych ze znacznych odległości, przy amputacyach dla zapobieżenia upływowi krwi, do topienia a nawet zamienienia w parę ciał trudno-topliwych. Despretz stopił i częściowo zamienił w parę węgiel, wstawiony w koło łącznikowe stosu, złożonego w stosowny sposób z 600 elementów Bunsena.

II. Jeśli oba końce druta łącznikowego mało od siebie oddalimy, spostrzegamy małą iskrę, przeskakującą z bieguna dodatniego na ujemny. Iskra ta powstaje skutkiem rozżarzenia oderwanych cząstek łącznika, które przez niejaki czas elektryczność przewodzą. Jeżeli prąd jest bardzo silny (od 30 elementów Bunsena począwszy), to można po zamknięciu koła łącznikowego rozchylić następnie końce drutów, a iskierka z jednego końca łącznika na drugi będzie przechodzić nieprzerwanie; oddalając końce jeszcze bardziéj, spostrzeżemy między biegunami łuk świetlny (Davy'ego), utworzony skutkiem rozżarzenia cząstek łącznika, przerzucanych gwałtownie z bieguna dodatniego na ujemny. Szczególniéj piękne światło elektryczne (solarne) powstanie wtedy, jeżeli łuk Davy'ego utworzymy między końcami dwóch stożków węgla (fig. 168.).

Fig. 168.

Ponieważ końce węgla zużywają się wskutek spalania w powietrzu, a przy rosnącém oddaleniu obu biegunów krążenie prądu może się przerwać, przeto, chcąc otrzymać światło jednostajne przez dłuższy przeciąg czasu, należy ruchome stożki węgla utrzymywać ciągle w jednakowém od siebie oddaleniu zapomocą takzwanych regulatorów, zwanych lampami elektrycznymi. Można też zapobiéc spaleniu węgla w ten sposób, iż zamykamy cieniutki węgiel w bańce szklanéj, napełnionéj azotem, i rozżarzamy ów węgiel prądem elektrycznym. Lampki żarowe. Zastosowanie światła elektrycznego jest dziś bardzo rozpowszechnione.

§. 135. Działanie prądu galwanicznego na igiełkę zboczenia. I. Do igiełki zboczenia *AB* (fig. 169.), pozostającéj w stanie spoczynku, zbliżam drut *XY*, przez który krąży prąd galwaniczny, i spostrzegam, iż igiełka pod wpływem tego prądu natychmiast się wychyli i zajmie położenie *A'B'*. Ampère podał następujące prawidło dla kierunku wychylenia igiełki pod wpływem prądu: *Igiełka zboczenia wychyli się pod działaniem prądu biegunem północnym w tę stronę, po któréj leży lewa ręka pływaka, płynącego z prądem, a zwróconego oczyma zawsze ku igiełce.*

Fig. 169.

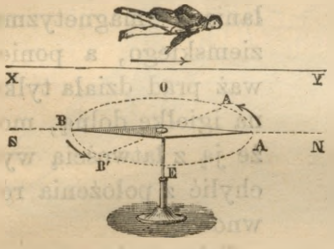
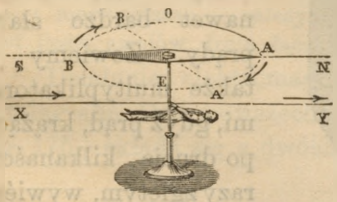
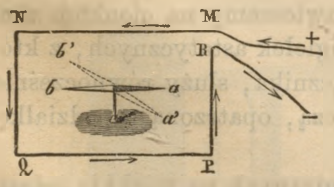


Fig. 170.



Znając powyższą zasadę, możemy wykryć kierunek wychylenia igiełki (fig. 170.), jeżeli prąd krąży po łączniku *XY*, położonym z drugiéj strony igiełki.

Fig. 171.

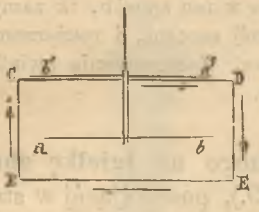


II. Otaczam igiełkę zboczenia *ab* (fig. 171.) łącznikiem, zgiętym w prostokąt i leżącym wraz z igiełką w jednéj płaszczyźnie. W chwili, kiedy prąd obiega po drucie w około igiełki w kierunku, oznaczonym na figurze strzałkami, zbacza igiełka w położenie *a'b'*; wychylenie to jest nierównie większe, aniżeli owo, kiedy prąd krążył tylko po jednéj stronie igiełki.

Opierając się na zasadzie, podanéj przez Ampèra, możemy z łatwością stwierdzić, że igiełka pod wpływem prądu w każdym z cztérech boków *(MN, NQ, QP, PR)* łącznika prostokątnego, usi-

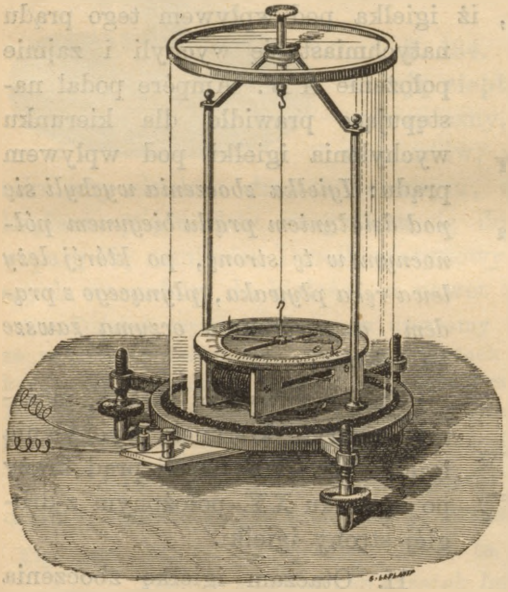
łuje zawsze wychylić się w jednę stronę, że zatém działanie prądu na igłę wzajemnie wspierać się musi w takim kilkakrotnie zgiętym łączniku.

Fig. 172.



Działanie prądu na igiełkę magnetyczną będzie jeszcze skuteczniejsze, jeśli połączymy stale ze sobą dwie igiełki magnetyczne *ab* i *a'b'* (fig. 172.) w ten sposób, aby ich różnoimienne bieguny stały nad sobą, i dolną igiełkę otoczymy drutem łącznikowym. Takie dwie igiełki bowiem, zwane także astatycznymi, czyli bezkierunkowymi, uchylają się z pod działania magnetyzmu ziemskiego, a ponieważ prąd działa tylko na igiełkę dolną, może ją z łatwością wychylić z położenia równowagi.

Fig. 173.



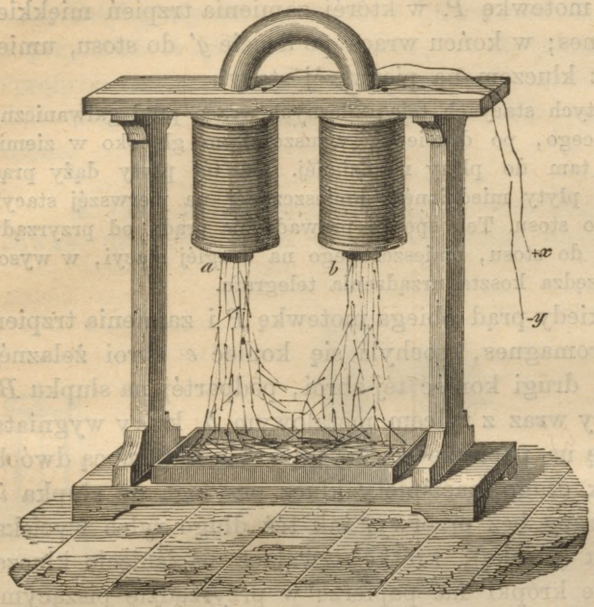
Tak urządzone przyrządy mogą wykryć nawet bardzo słabe prądy. Zowiemy je także multyplikatorami, gdyż prąd, krążący po drucie, kilkanaście razy zgiętym, wywiera na igiełkę spotęgowane działanie.

W multyplikatorach (fig. 173.) zawieszamy na cienkich nieskręconych nitkach kokonowych parę igiełek astatycznych, z których górna, położona nad zwojami łącznika, służy równocześnie za wskazówkę, poruszającą się nad tarczą, opatrzoną w podziałkę.

§. 136. Działanie prądów galwanicznych na miękkie żelazo i stal. Na końce sztaby żelaznéj, zgiętéj w podkowę, nasadzam wydrążone wałeczki drewniane, omotane odosobnionym drutem miedzianym (fig. 174. str. 153.). W chwili, kiedy prąd pocznie krążyć po owym drucie, zamienia się miękkie żelazo na magnes i przyciąga opiłki i druciki żelazne, umieszczone w skrzynce

pod żelazną podkową. Z ustaniem krążenia prądu, traci żelazo natychmiast nabyty magnetyzm, gdyż opiłki teraz na dół odpadną. Podkowa ze stali, wsadzona w owe motewki drewniane, nabędzie pod wpływem prądu także własności magnetycznych, i zatrzyma je nawet wtedy, gdy prąd przerwiemy.

Fig. 174.



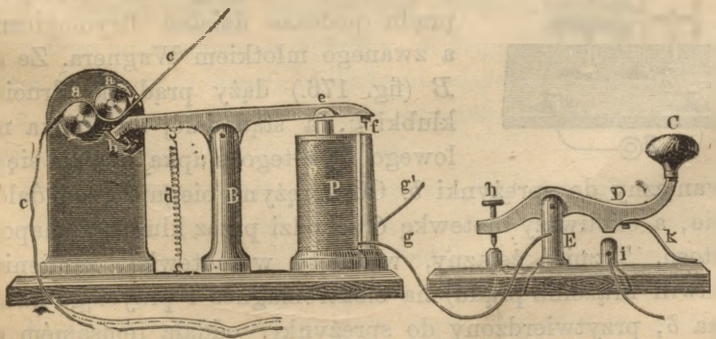
Pod wpływem prądu elektrycznego żelazo magnetyzuje się przemijająco, stal natomiast nabywa stale własności magnetycznych.

Magnesy takie nazywamy elektromagnesami.

Siła elektromagnesów jest bardzo wielką i zdoła udźwignąć znaczne nawet masy żelaza; — zależy ona od mocy prądu, od grubości podkowy i od ilości zwojów druta łącznikowego.

Działanie elektromagnesów oddaje bardzo wielkie usługi w telegrafii. Dziś powszechnie u nas używany telegraf Morsego (fig. 175.) składa się z dwóch najgłówniejszych części: z klucza

Fig. 175.



i przyrządu piszącego. Prąd galwaniczny wpada z bateryi (opuszczonej na figurze) po drucie do słupka *i*, stąd po naciśnieniu

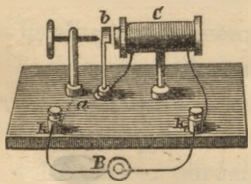
klucza zapomocą gałki C dostaje się do sztabki metalowéj D, z któréj schodzi do słupka E i dąży po drucie g do przyrządu piszącego, umieszczonego na drugiéj stacyi. W przyrządzie piszącym prąd obiega motewkę P, w któréj zamienia trzpień miękkiego żelaza na magnes; w końcu wraca po drucie g' do stosu, umieszczonego wraz z kluczem na pierwszéj stacyi.

Na rzeczywistych stacyach telegraficznych wraca prąd galwaniczny od przyrządu piszącego, po drucie g', wpuszczonym głęboko w ziemię i przytwierdzonym tam do płyty miedzianéj. Od téj płyty dąży prąd ziemią do podobnéj płyty miedzianéj, umieszczonéj na pierwszéj stacyi, a stąd po drucie do stosu. Ten sposób prowadzenia prądu od przyrządu piszącego napowrót do stosu, umieszczonego na drugiéj stacyi, w wysokim stopniu zaoszczędza koszta urządzenia telegrafu.

W chwili, kiedy prąd obiega motewkę P i zamienia trzpień żelazny na elektromagnes, pochyla się koniec e zbroi żelaznéj ku magnesowi, a drugi koniec téj zbroi, podpartéj na słupku B, podnosi się do góry wraz z rylcem metalowym b, który wygniata punkt albo kréskę na papierze cc, wysuwanym zapomocą dwóch bloczków aa. Jak długo naciśnięty klucz przylega do słupka i, tak długo prąd krąży bez przerwy, tak też długo rylec wyciska na papierze rowek (kréskę); krótko trwające naciśnięcie klucza spowoduje wybicie kropki na papierze w przyrządzie piszącym. Gdy rękę od klucza oddalimy, podnosi sprężyna k do góry klucz, a témsamém przerywa natychmiast prąd: trzpień w motewce przyrządu piszącego traci własności magnetyczne i pozwala sprężynie d odciągnąć zbroję, a wtedy rylec b, nie przylegając do papieru, nie może wyciskać żadnych znaków.

Z połączenia kropek z kréskami ułożono cały alfabet.

Fig. 176.



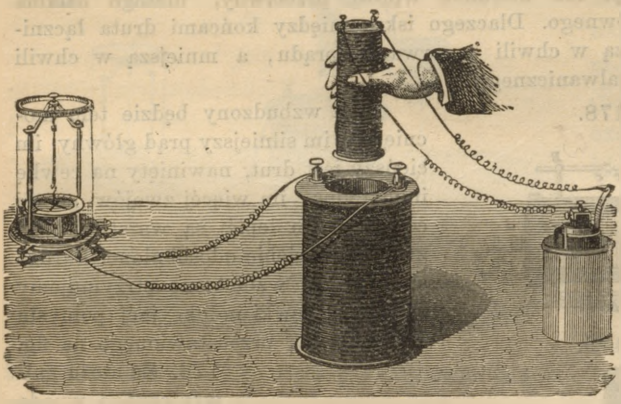
Elektromagnesu można użyć jako przyrządu, służącego do przerywania prądu podczas działań fizyologicznych, a zwanego młotkiem Wagnera. Ze stosu B (fig. 176.) dąży prąd po drucie do klubki k, a stąd daléj do słupka metalowego a; z tego słupka dostaje się prąd galwaniczny do sprężynki b. Od sprężyny biegnie prąd daléj po drucie, a okoliwszy motewkę C schodzi przez klubkę k, napowrót do stosu. Trzpień żelazny, wsunięty w motewkę, zamienia się (w chwili krążenia prądu) na elektromagnes i przyciąga kawałek żelaza b, przytwierdzony do sprężynki, oddala témsamém sprężynkę od śrubki i przerywa krążenie prądu. Równocześnie z przerwaniem prądu, traci trzpień własności magnetyczne, pozwala

sprężynce *b* wyprostować się i przylgnąć do śrubki. W téj chwili prąd jest nanowo nawiązany, a działanie jego powtarza się jak pierwéj.

Gdybyśmy do sprężynki *b* przytwierdzili u góry młoteczek, a przy nim w pobliżu dzwonek, to kołysząca się nieustannie sprężyna uderzać będzie młotkiem o ów dzwonek. Na téj zasadzie urządzono dzwonki elektryczne, dziś bardzo rozpowszechnione.

§. 137. Indukcya elektryczna. Ustawiam na stole jednę cewkę drewnianą (fig. 177.), wewnątrz wydrążoną i omotaną cienkim drutem odosobnionym, którego oba końce łączę z czułym multyplikatorem. Do téj cewki wsuwam drugą cewkę, połączoną drutami z elementem galwanicznym. W chwili wsunięcia téj cewki spostrzegam, iż igiełka multyplikatora wychyla się w pewną stronę. Jestto dowodem, że w drugiéj cewce krąży także prąd, lecz tylko chwilowo, gdyż igiełka wraca natychmiast w pierwotne położenie i pozostaje w niém nieruchomą. Gdy nagle wyciągnę ową cewkę, wychyla się ponownie igiełka w multyplikatorze, lecz w kierunku wprost przeciwnym poprzedzającemu.

Fig. 177.



Z tego doświadczenia widzimy, iż *prąd galwaniczny, krążący w cewce mniejszéj (głównéj) po łączniku odosobnionym, zdoła wzbudzić z oddalenia prąd chwilowy w zwojach drugiéj cewki (pobocznéj), połączonéj z multyplikatorem.*

Prąd, płynący ze stosu, nazywamy prądem głównym albo nawodzącym, prąd zaś chwilowy, wzbudzony w łączniku drugiéj cewki, prądem wzbudzonym (indukowanym), albo nawiedzionym.

Kierunek prądu, wzbudzonego w chwili wsuwania cewki głównéj, jest przeciwny kierunkowi prądu, wzbudzonego w chwili wyjmowania cewki głównéj.

Przekonano się nadto, iż można cewkę mniejszą (główną) stale pozostawić w cewce indukowanéj, a prądy chwilowe, skierowane w strony przeciwne, krążyć będą wtedy, gdy prąd galwaniczny (główny) zamykać i przerywać będziemy zapomocą kółka zębatego *Neefa* (fig. 162.), albo zapomocą młotka Wagnera (fig. 176.). W chwili otwarcia stosu, zgadzają się ze sobą kierunki prądu głównego i wzbudzonego.

Doświadczenia uczą, że i w samych drutach łącznikowych, po których krąży prąd galwaniczny, powstaje w chwili jego zamknięcia lub przerwania prąd poboczny, zwany współprądem. Współprąd, utworzony w chwili przerwania prądu galwanicznego, ma jednakowy kierunek z tym prądem, ich działania wspierają się zatém; podczas zamykania prądu głównego współprąd ma kierunek wprost przeciwny, dlatego osłabia działanie prądu głównego. Dlaczego iskra między końcami druta łącznikowego jest większą w chwili przerwania prądu, a mniejszą w chwili zamykania prądu galwanicznego?

Fig. 178.

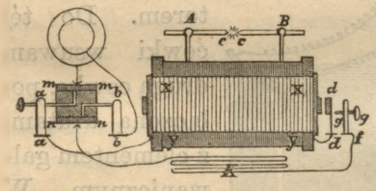
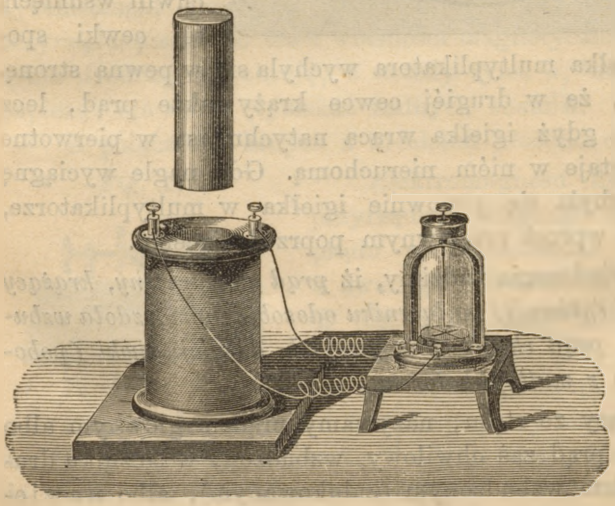


Fig. 179.

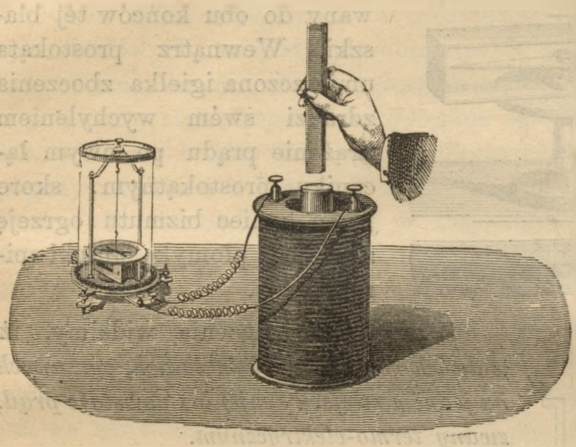


Prąd wzbudzony będzie tém mocniejszy, im silniejszy prąd główny, im cieńszy jest drut, nawinięty na cewkę indukcyjną, im więcéj zwojów na téj cewce i im lepiéj są warstwy tych zwojów od siebie odosobnione. Bardzo silne prądy wzbudzone otrzymujemy zapomocą cewki indukcyjnéj pomysłu Rhumkorffa, przedstawionego na fig. 178. Ze stosu galwanicznego wpada prąd do paska *mm*, stąd biegnie po słupku *aa* do cewki głównéj *xx*, wreszcie dostaje się przez sprężynkę *dd* młotka Wagnera do śrubki *gg* i wraca po drucie *f* do paska *nn*. Z paska *nn* przechodzi po łączniku metalowym do słupka *bb*, a od niego dostaje się wreszcie po drucie napowrót do stosu. Elektromagnes, osadzony w cewce *xx*, przyciąga młotek Wagnera *dd* i powoduje, jak wiadomo, nieustanne przerywanie i zamykanie prądu głównego. W ten sposób powstają prądy chwilowe w cewce *yy* o takiém napięciu, iż między dwoma końcami *cc* druta, obiegającego cewkę *yy*, przeskakuje bardzo silna iskra.

Aby usunąć szkodliwe działanie współprądu, każemy prądowi galwanicznemu przejść przez kondensator *K*. Jestto kilka arkuszy cynfolii, jedwabną kitajką odosobnionych od siebie: w nich gubi się współprąd.

§. 138. Indukcya magneto-elektryczna. Sztaba silnego magnesu, wsunięta w cewkę (fig. 179. str. 156.), połączoną ze zwojami multyplikatora, wywołuje w téj cewce także prądy indukcyjne chwilowe, skierowane przeciwnie podczas wkładania i wyciągania magnesu z cewki indukcyjnéj.

Fig. 180.



Gdy wewnątrz cewki indukcyjnéj umieścimy sztabę miękkiego żelaza i nagle zbliżymy do niéj silny magnes (fig. 180.), natenczas sztaba miękkiego żelaza nabiera, jak wiadomo, sama chwilowo własności magnetycznych i powoduje w sąsiednim łączniku, nawiniętym na cewkę, krążenie prądu, wywołanego wpływem magnesu, czyli indukcyą magneto-elektryczną. Wychylenia igiełki multyplikatora wskazują, że kierunek prądu wzbudzonego, w chwili zbliżenia magnesu, jest wprost przeciwny kierunkowi prądu, wywołanego podczas oddalania magnesu od sztaby żelaznéj.

Pod wpływem magnesu powstaje prąd chwilowy w zwojach drutu, na cewkę nawiniętego. Prądy, powstające na początku wpływu magnesu, mają kierunek wprost przeciwny do kierunku owych prądów, które krążą w chwili ustawania tego wpływu, czyli indukcyi.

Takzwane machiny dynamolektryczne, których prądu dziś powszechnie używają do oświetlenia elektrycznego, polegają na indukcyi elektro-magnetycznéj.

§. 139. Źródła elektryczności. Prócz sposobów powstawania elektryczności, wyłożonych w poprzedzających ustępach, to jest przez potarcie, wpływ, przez zetknięcie dwu ciał, elektryczną i magneto-elektryczną indukcyą, mamy jeszcze inne źródła elektryczności, a mianowicie:

I. Pyro-elektryczność. Jeśli ogrzewamy na jednym końcu niektóre kryształy, jak turmalinu, topazu, aragonitu i t. d., występuje na nich elektryczność, zwana pyro-elektrycznością. Jeden koniec ma wtedy el. dodatną, a drugi el. ujemną. Przy jednakowém ogrzaniu obu końców nie ma śladu elektryczności.

II. Termo-elektryczność. Blaszkę miedzi zginam w kształcie prostokąta, którego czwarty bok tworzy słupek bizmutu (fig. 181.), przylutowany do obu końców téj blaszki. Wewnątrz prostokąta umieszczona igiełka zboczenia zdradzi swém wychyleniem krążenie prądu po owym łączniku prostokątnym, skoro jeden koniec bizmutu ogrzeję zapomocą płomyka lampki spirytusowéj.

Fig. 181.

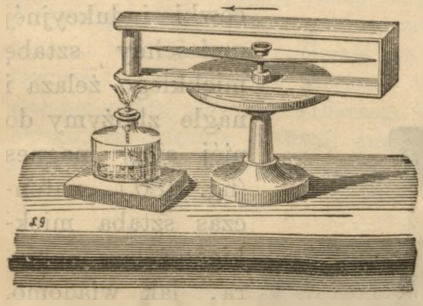
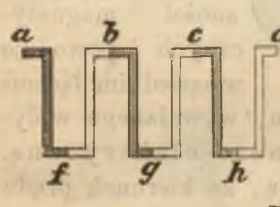


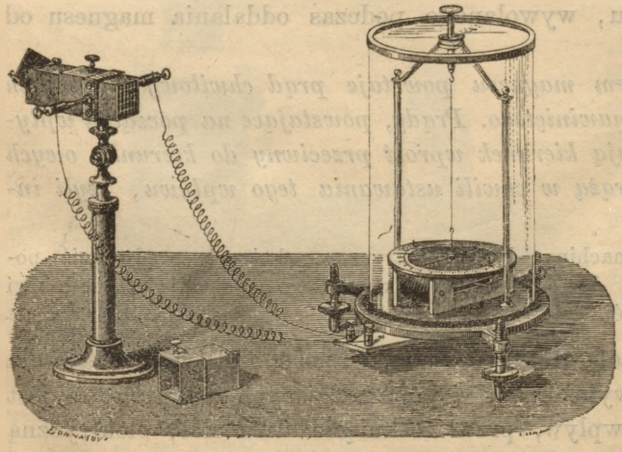
Fig. 182.



Z tego doświadczenia widzimy, iż *w dwóch różnorodnych metalach, ogrzanych na jednem miejscu spojenia, powstaje prąd, zwany termo-elektrycznym.*

Najsilniejszy prąd powstaje w sztabkach bizmutowych i antymonowych, naprzemian do siebie przylutowanych (fig. 182.), jeśli ogrzejemy lutowania n. p. *f.g.h*, a górne lutowania *b i c* równocześnie oziębimy.

Fig. 183.



Kilkadziesiąt sztabek antymonu i bizmutu, połączonych ze sobą w sposób powyższy, tworzą stos termo-elektryczny, z którego mocy, zmierzonéj czułym multyplikatorem, oznaczyć można najmniejsze wielokrotne części stopnia temperatury. Fig. 183. przedstawia stos pomysłu Melloniego wraz z czułym multyplikatorem.

III. Elektryczność zwierzęca. Du Bois-Reymond udowodnił zapomocą bardzo ścisłych doświadczeń, że u wszystkich zwierząt, i to we wszystkich częściach nerwów i mięśni, istnieją prądy elektryczne. Niektóre zaś zwierzęta, a mianowicie z rodziny drętw i węgorzy, mogą sprawiać wstrząśnienia elektryczne dobrowolnie lub w podrażnieniu. Wstrząśnienia te, ponawiane kilkakrotnie, są coraz słabsze, a przedrażnione zwierzę potrzebuje dłuższego czasu i obfitszego pokarmu, aby uzyskać napowrót zdolność wytwarzania silniejszych prądów.

IV. Elektryczność atmosfery. Zapomocą wysokich tyk metalowych, u spodu odosobnionych i połączonych z dużymi kulami metalowymi, także odosobnionymi, przekonano się, iż w powietrzu atmosferycznem występuje stale wolna elektryczność o stosunkowo bardzo znacznem napięciu, a mianowicie w czasie pogody zwykle $+ e$, podczas słoty lub śnieżycy najczęściéj $- e$. Ilość elektryczności, zawartéj w atmosferze, zmienia się u nas stosownie do pory roku: w zimie jest jéj nierównie więcéj, aniżeli w lecie.

Chmurę gromową należy uważać jako olbrzymi konduktor, naładowany elektrycznością o bardzo wielkiém napięciu. Elektryczność ta działa mocą influencyi na inne otaczające przedmioty, jak na sąsiednie chmury, na ziemię i t. d., przyciągając elektryczność różnoimienną. Jeśli chmura zbliży się do ziemi na odległość bicia iskier, natenczas odbywa się częściowe wyrównanie obu przyciągających się elektryczności (piorun, grom), któremu towarzyszy iskra wężykowata, zwana błyskawicą. Nagłe wstrząśnienie powietrza wytwarza huk, zwany grzmotem. Iskra elektryczna, przeskakująca na dobre przewodniki, nie powoduje na nich żadnych zmian, złe zaś przewodniki łamie, kruszy lub zapala.

Metalowy słup (konduktor Franklina), zwany także piorunnikiem, albo gromnikiem, ochrania budowle, na których jest postawiony, w ten sposób, iż swym kolcem pozłoconym rozbraja cząstkowo tak chmurę, jak i powierzchnię ziemi, rozpraszając elektryczność, przyciąganą przez chmurę. Jeśli większa ilość elektryczności z chmury spłynie na konduktor, natenczas odprowadza ją tenże po drucie odosobnionym i głęboko w ziemię wkopanym.

Dlaczego przedmioty wysokie, lub dym, uchodzący z komina, ułatwiają uderzenie pioruna? Wytłómaczyć na podstawie wiadomych praw zalecane środki ostrożności podczas burzy: które z nich mają rzetelne uzasadnienie?

ROZDZIAŁ ÓSMY.

Nauka o głosie (Akustyka).

§. 140. O ruchu falowym. Rzuciwszy kamień na gładką powierzchnię wody, spostrzeżemy, że naokoło miejsca, w które kamień uderzył, powstaną kołowe wypukłości i zagłębienia, postępujące coraz daléj z chyżością jednostajną. Te pagórki i bruzdy, tworzące się naprzemian i rozbiegające się coraz większymi kołami, zowiemy falami.

Przy bacznéj uwadze przekonamy się wkrótce, że każda cząstka cieczy falującéj pozostaje na swojém pierwotném miejscu, jakkolwiek posuwanie się górek i zagłębień przemawiałoby za ruchem saméj cieczy. Rzuciwszy bowiem lekkie drewienko na powierzchnię wody, falami pomarszczonéj, spostrzeżemy, że drewienko pozostaje ciągle na jedném miejscu, przyczém każda fala, od punktu środkowego wychodząca, raz drewienko do góry podnosi, to znowu w dół spycha, biegnąc następnie daléj coraz to szérszém kołem. Kształt ten powierzchni wody powoduje zatém ruch cząstek w górę i na dół, który się następnie sąsiednim cząstkom udziela, aby nową, obszerniejszą falę utworzyć.

Fig. 184.

Przy powyższém zjawisku widzimy ruch podwójny: pierwszy wykonują poszczególne cząstki wody, podnosząc się naprzemian w górę i opadając na dół; ruch ten zowiemy drgającym. Drugi ruch przedstawia się nam w ten sposób, że cząstki, pobudzone rzuconym kamieniem do ruchu drgającego, przenoszą w około ruch ów na inne sąsiednie cząstki, przez co ruch drgający coraz większy obszar wody ogarnia. Ruch, jaki się w skutek tego rozchodzenia drgań na większym obszarze wody przedstawia, nazywamy ruchem falowym.

§. 141. Ruch drgający ciał wytwarza głos. Wyginam ręką cienki pręt stalowy, przytwierdzony jednym swoim końcem do śrubsztaka (fig. 184.),

Gdy wolny koniec *D* z rąk wypuszczę, poczyna cały pręt kołysać się podobnie, jak wahadło. Wahnienia te uskutecznia siła sprężystości, sprowadzając ruchem niejednostajnie przyspieszonym wychylone cząstki do położenia równowagi; gdy cząstki tam przybędą, posiadają najwyższą chyżość i usiłują na mocy bezwładności poruszyć się daléj. Ruch ten składa się z działaniem siły sprężystości, skierowanéj w stronę przeciwną, na wypadkowy niejednostajnie opóźniony, a gdy cząstka pręta straci całą swą chyżość, poruszy się napowrót ruchem niejednostajnie przyspieszonym, ulegając znowu działaniu saméj tylko siły sprężystości. Ruch taki pręta sprężystego zowiemy ruchem drgającym. Wychylenie powolne tego pręta widzimy wolném okiem.

Gdy szarpniemy silnie nieco grubszy pręt stalowy, umocowany tak, jak poprzedni, natenczas wykona on ruch drgający znacznie szybszy, a równocześnie usłyszymy uchem głos, który drgający pręt wytwarza.

Z tego doświadczenia widzimy, że trzy rzeczy składają się na to, iż głos dochodzi do naszéj świadomości, a mianowicie:

1. Musi ciało sprężyste wykonywać dość szybki ruch drgający. Ciała, wydające głos, zowiemy ciałami brzmiącymi.

2. Musi ciało, zawarte w przestrzeni między ciałem brzmiącém a naszém uchem, wziąć udział w tém drganiu i przenieść głos do zmysłu słuchowego. Ciała takie zowiemy przewodnikami głosu.

3. Zmysł słuchu musi znajdować się w normalnym i zdrowym stanie.

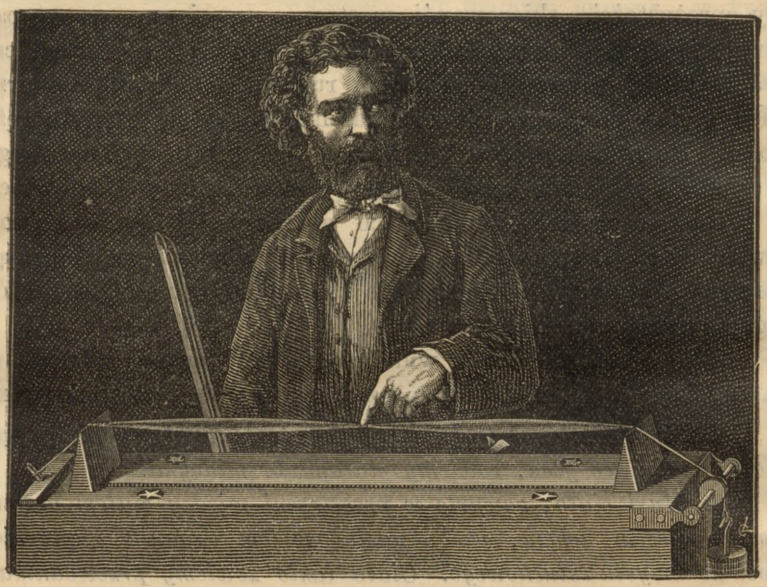
W naszém doświadczeniu przewodnikiem głosu było powietrze.

A. Ciała brzmiące.

§. 142. Brzmienie ciał stałych. Gdy szarpniemy smyczkiem strunę, wyprężoną na pudełku drewnianém, zwaném monokordem, usłyszymy donośny głos. Głos ten powstał wskutek bardzo szybkiego drgania struny. Drganie to nie jest jednakowe wzdłuż całéj struny, gdyż w rozmaitych miejscach nasadzone siodełka papierowe drgają z rozmaitą siłą: jedne pozlatywały wskutek gwałtownych wychyleń struny, a inne pozostają spokojnie na jedném i témsaném miejscu. Z tego doświadczenia wynika, iż niektóre części struny drgają gwałtownie, inne miejsca téj struny pozostają równocześnie w spokoju. Kształt struny

przedstawia fig. 185. W górę wygiętą część struny nazywamy górką fali, za nią idzie część wklęsła czyli dolinka fali, obie powyższe części przedziela spokojny punkt struny, zwany węzłem. Po pewnym czasie górka przejdzie w dolinkę — dolinka zamieni się w górkę — a węzeł pozostanie niezmienny.

Fig. 185.



Równocześnie widzimy, iż ruch drgający, wywołany smyczkiem w jednym punkcie struny, przeniósł się z czasem na całą strunę; na strunie tworzą się zatém także fale. Górka wraz z przyległą dolinką tworzą jednę falę. Odległość między dwoma sąsiednimi węzłami wynosi pół fali.

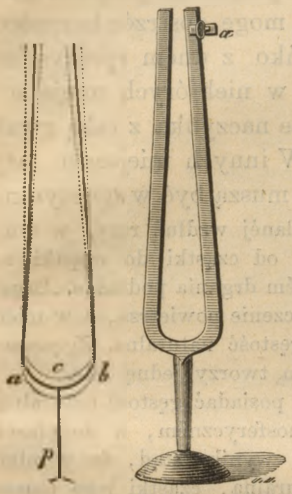
Jeśli cząstki drgają prostopadle do kierunku, w którym się ruch od cząstki do cząstki udziela, zowiemy taki ruch drgający poprzecznym.

Cząstki struny na fig. 185. drgają poprzecznie; cząstki wody drgają także poprzecznie, gdy z góry rzucimy kamień na powierzchnię wody.

Pręt, na jednym końcu podparty (fig. 184.), kołysze się podobnie jak wahadło: w punkcie podparcia *C* znajduje się węzeł, a na całym pręcie *CD* mieści się tylko $\frac{1}{4}$ fali. Jeśli prętowi nadamy kształt ∪ (fig. 186. str. 163.) i pobudzimy do drgania, natenczas wychylają się cząstki pręta w ten sposób, iż między *a* i *b* zawartą jest półfala *ab*, ku końcom pręta utworzy się z jednéj strony $\frac{1}{4}$ fali. Prętów tego kształtu używają muzycy do strojenia instrumentów i zowią je widełkami strojowymi (dyaspazony) (fig. 187. str. 163.).

Płyty, pobudzone do drgania zapomocą smyczka (fig. 188.), drgają w sposób szczególniejszy: miejsca, objęte ruchem, są odgra-

Fig. 186. Fig. 187. Fig. 189.



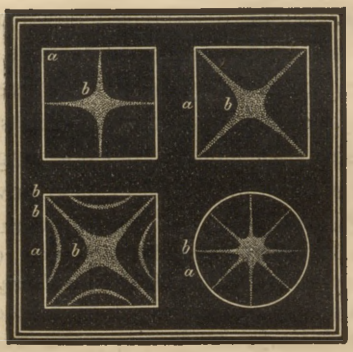
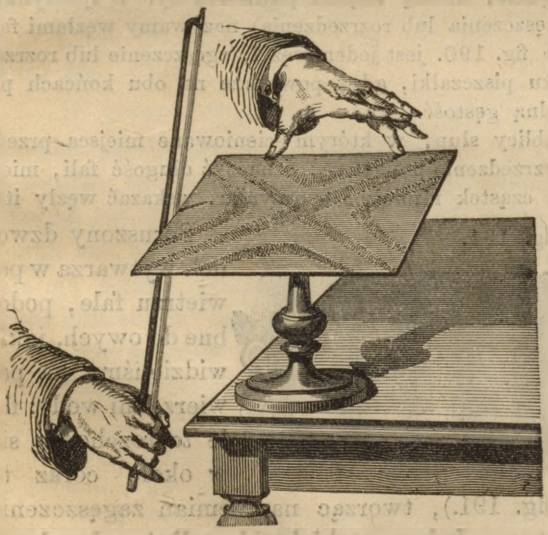


Fig. 190.

Fig. 188.



niczone liniami, posiadającymi bardzo ciekawe kształty. Linie te uwidoczniamy zapomocą piasku, rozsypanego po całéj płycie, który podczas brzmienia płyty zsuwa się z miejsc drgających i osiada na liniach węzłowych. Figury piaskowe, w ten sposób utworzone, zowią figurami Chladniego. Rysunek na fig: 189. przedstawia takie figury Chladniego.

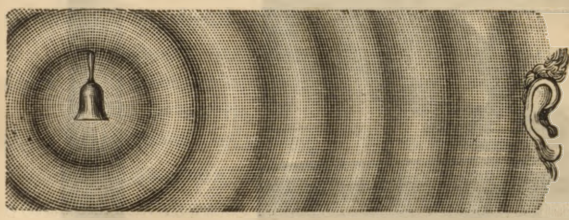
§. 143. Brzmienie powietrza lub jakiego innego gazu można okazać w sposób następujący: Biorę piszczałkę, zrobioną z rury szklanéj (fig. 190. str. 163.), i zadmę w nią zapomocą mieszka. Powietrze poczyna drgać w szklanéj rurce, a piszczałka przytém głos wydaje. Ruchu drgającego powietrza nie mogę dostrzéc bezpośrednio, ale jeśli wsunę w tę rurę naczyńko z dnem sprężystém, zawiérające nieco piasku, spostrzegę, iż w niektórych miejscach uderzają cząstki powietrza o dno sprężyste naczyńka z taką gwałtownością, iż piasek pryska w górę. W innych miejscach leży piasek spokojnie: tam i cząstki powietrza muszą być w spoczynku.

Cząstki powietrza drgają w rurze szklanéj wzdłuż rury, w tymsamym kierunku rozchodzi się ruch drgający od cząstki do cząstki aż na drugi koniec piszczałki. Tu tworzą się zatém drgania podłużne. Drgania podłużne powodują w jedném miejscu zgęszczenie powietrza, a w miejscu sąsiedniém rozrzedzenie, we środku jest gęstość naturalna. Zgęszczenie powietrza wraz z sąsiedniém rozrzedzeniem tworzy jednę falę.

Na samym końcu rurki musi powietrze posiadać gęstość naturalną, gdyż styka się z otaczającém powietrzem atmosferyczném, a że piasek w naczyńku drga w tém miejscu gwałtownie, wynika stąd, że w miejscach, w których powietrze ma gęstość naturalną, cząstki jego muszą drgać bardzo energicznie, a natomiast w miejscach, gdzie jest zgęszczenie lub rozrzedzenie największe, muszą cząstki powietrza być w spoczynku. Te ostatnie miejsca (zgęszczenia lub rozrzedzenia) nazywamy węzłami fali podłużnéj. W piszczałce fig. 190. jest jeden węzeł (zgęszczenie lub rozrzedzenie) w samym środku piszczałki, gdyż powietrze na obu końcach piszczałki posiada naturalną gęstość.

Narysować na tablicy słup, w którym cieniowane miejsca przedstawią zgęszczenie i rozrzedzenie powietrza, oznaczyć długość fali, miejsce najszybszego ruchu cząstek i miejsce spoczynku, wskazać węzły itd.

Fig. 191.



Poruszony dzwonek wytwarza w powietrzu fale, podobne do owych, jakie widzieliśmy na powierzchni wody: fale te rozchodzą się w około coraz to szérszymi kręgami (fig. 191.), tworząc naprzemian zagęszczenie i rozrzedzenie powietrza. Jedna z takich fal podłużnych uderza o nasze ucho i powoduje wrażenie głosu (dzwonienia).

§. 144. Rodzaje głosu. Gdy gwałtownie uderzę młotkiem o stół, lub gdy spalę bańkę mydlaną, napełnioną mieszaniną wybuchającą, usłyszę głos szybko przemijający, zwany hukiem. Huk

ten powstał wskutek nagłego wstrząśnienia stołu lub powietrza. Dla takich głosów przemijających mamy cały szereg nazw, stosownie do wrażenia odebranego, jak trzask, huk, skrzyp, zgrzyt itd.

Jeśli atoli ciało brzmiące (n. p. dzwon) dłuższy czas wykonuje ruch drgający i zapomocą przewodnika głosu udziela tych drgnień uchu naszemu, natenczas słyszymy głos, zwany także dźwiękiem, a w muzyce tonem. Przekonano się nadto, iż podczas trwania tonu ciało brzmiące musi drganie wykonywać regularnie, t. j. w jednakowych odstępach czasu; nadto te drgania nie mogą być ani zanadto powolne ani zanadto prędkie. (Odbywa się wtedy od 40 do 5000 drgnień na sekundę).

Przy każdym głosie rozróżniamy moc, wysokość i barwę czyli dźwięczność głosu.

§. 145. Moc głosu. I. Uderzam młoteczkiem dwa dzwonki niejednakowéj wielkości; większy dzwonek odzywa się bardzo głośno, mniejszy zaś dzwonek brzmi znacznie ciszéj. Mówimy: większy dzwonek ma głos mocny, a mniejszy posiada głos słaby. Z tego doświadczenia wnioskujemy, iż moc głosu zależy od wielkości czyli masy ciała.

Ciało brzmiące wydaje ton tém mocniejszy, im większą jest masa tego ciała.

II. Strunę, wyprężoną na monokordzie (fig. 185.), poruszam z lekka palcem. Struna tak poruszona wydaje ton cichy (słaby), iż ledwie go słyszeć można. Tasama struna, silnie szarpnięta, odzywa się głośno, wydając ton tak mocny, iż go w odległym końcu sali wyraźnie słyszeć możemy. W pierwszym razie wychylała się struna podczas drgania prawie nieznacznie, w drugim wypadku robiła tak wielkie wychylenia, iż oku przedstawiała się, jakby szeroka szara wstęga.

Ciało brzmiące wydaje ton tém mocniejszy, im większe wychylenia robią cząstki tego ciała.

Wykryto zapomocą doświadczeń, że moc głosu jest proporcyonalna do kwadratu wychylenia.

Łatwo teraz wytłómaczyć: Dlaczego wystrzał armatni jest mocniejszy, aniżeli z pistoletu? Dlaczego słyszymy tony, pochodzące z obszernych instrumentów, nawet z oddalenia znacznego, a tony fletów, klarnetów, piszczałek, tylko z małéj odległości? Dlaczego struna gwałtownie szarpnięta wydaje z początku głos mocny, donośny, a późniéj ten głos przycicha i zupełnie niknie.

Przekonano się nadto zapomocą licznych doświadczeń, iż moc głosu maleje, jeżeli rośnie odległość ciała brzmiącego od

naszego ucha; a mianowicie: gdy oddalenie staje się 2, 3 lub 4 razy większém, moc głosu staje się 4, 9 lub 16 razy mniejszą.

§. 146. Wysokość głosu. Do kółka zębatego przykładam skrawek sztywnego papieru: podczas obrotu tego kółka podniesie się ów skrawek papieru do góry na każdym ząbku, a następnie opadnie z niego i oprze się na ząbku następującym. Wprawiwszy kółko zębate w ruch bardzo prędki, spostrzegę, że papier brzmieć poczyna.

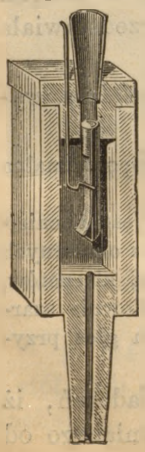
Jak z tego widzimy, zmuszamy sztucznym sposobem do drgania skrawek papieru i wytwarzamy głos, który w około słyszeć można. Ile ząbków przesunie się w jednéj sekundzie popod skrawkiem papieru, tyle drgnień wykona ów skrawek. Jeżeli kółko miało na obwodzie 100 ząbków, a w sekundzie obrócę je raz w około, natenczas wykona papier 100 drgnień w sekundzie. Jeżeli obrócę to kółko dwa razy na sekundę, natenczas papier przyłożony do niego zrobi 200 drgnień w jednéj sekundzie, a głos, odzywający się wśród tych warunków, jest dwa razy wyższy od pierwszego, gdyż teraz ciało brzmiące robi dwa razy więcéj drgnień w jednéj sekundzie.

Wysokość tonu zależy od ilości drgnień, wykonanych w jednéj sekundzie przez ciało brzmiące.

Ucho nasze posiada tę szczególniejszą własność, iż umie rozróżnić głosy rozmaitéj wysokości.

Głosy o wysokości od 40 do 5.000 drgnień na sekundę bywają używane w muzyce; zowiemy je wtedy tonami muzycznymi. Tony powyżéj lub poniżéj podanéj granicy bywają tylko bardzo rzadko używane.

Fig. 192.



Do wytworzenia tonów muzycznych nadają się przedewszystkiém sprężyste ciała stałe i gazy, mniéj ciecze. U ciał stałych zależy nadto zdolność wydawania tonów od kształtu ciała. Na instrumentach strunowych (rzniętych), jak skrzypcach, basetli, wiolonczeli i t. d., wydają struny tony muzyczne zapomocą pociérania smyczkiem; na gitarze, cytrze zapomocą szarpnięcia palcami; na klawikordzie, cymbałach i t. d. zapomocą uderzeń stosownymi młoteczkami.

We flecie, klarnecie, trąbach, rogach myśliwskich powstają tony wskutek drgania powietrza. — W klarnecie (fig. 192.) języczek sprężysty, zwany stroikiem, pobudza powietrze do drgania, we flecie zaś poczyna drgać powietrze w rurze wskutek ukośnego wdmuchywania powietrza ustami do otworu, umieszczonego w ściance téj rury.

§. 147. Gamy muzyczne. Jakkolwiek liczba głosów, dostrzegalnych uchem, jest bardzo wielka, gdyż obejmuje obszar co najmniéj od 16 do 24.000 drgnień na sekundę, jednak w muzyce mają, jak już wspomniano, te tylko zastosowanie, które możemy uchem dokładnie wyróżnić (niemal od 40 do 5.000 drgnień na sekundę), a których następstwo przyjemne dla ucha wrażenie sprawia. Tonów takich jest najwięcéj około 96. Pomiędzy dwoma tonami, z których jeden ma dwa razy większą liczbę drgnień, aniżeli drugi, mieści się 6 tonów, uchem dokładnie wyróżnianych. Ośm takich tonów stanowi gamę muzyczną czyli oktawę.

Wszystkie zatém tony, zużytkowane w muzyce, obejmują około 12 oktaw. Tony jednéj oktawy znaczy się literami, a w śpiewie zwykle całymi głoskami. Następstwo ich jest takie:

C D E F G A H c

do albo *ut re mi fa sol la si ut.*

Dalszą gamę utworzy szereg ośmiu tonów od *c* począwszy; będzie zatém:

c d e f g a h c̄.

Ton pierwszy gamy nazywa się tonem zasadniczym (prymą), drugi sekundą, trzeci tercyą, czwarty kwartą, piąty kwintą, szósty sekstą, siódmy septymą, a ósmy oktawą.

Ażeby w rozmaitych oktawach odróżnić tony, nazwane tąsamą literą, znaczy się je tak:

$\underline{\underline{C}}$ $\underline{C}$ C c $\bar{c}$ $\bar{\bar{c}}$ $\bar{\bar{\bar{c}}}$ $\bar{\bar{\bar{\bar{c}}}}$ i t. d.

Dla $\underline{\underline{C}}$ wypada 16 drgnień na sekundę.

Dwa tony, które, brzmiąc równocześnie, sprawiają przyjemne wrażenie, zowiemy zgodnymi albo harmonijnymi. Pryma i oktawa są tony najzgodniéj brzmiące, po nich są jeszcze harmonijne pryma i kwinta, wreszcie pryma i tercya lub kwarta. Równoczesne brzmienie wszystkich cztérech tonów zgodnych nazywamy akordem.

Stwierdzono zapomocą monokordu, że:

1. Z dwóch strun téjsaméj długości, wyprężonych jednakowymi ciężarami, wydaje ta dwa razy wyższy ton, która jest dwa razy cieńszą.

2. Z dwóch strun téjsaméj grubości i jednakowo wyprężonych, wydaje ta struna ton dwa razy wyższy, która jest dwa razy krótszą.

3. Z dwóch strun jednakowych wydaje ta struna ton 2, 3, 4... razy wyższy, która jest 4, 9, 16... razy mocniéj wyprężoną.

Wysokość tonu pozostaje w odwrotnym stosunku do grubości i długości struny, a w prostym stosunku do pierwiastku z ciężaru, wyprężającego strunę.

Materyał, z którego strunę sporządzono, wpływa także na wysokość tonu; w ogóle te struny wydają ton wyższy, które mają mniejszy ciężar gatunkowy.

Piszczałki krótsze wydają ton wyższy, a dłuższe — ton niższy. Z dwóch piszczałek téjsaméj długości zakryta wydaje ton dwa razy niższy od tonu piszczałki otwartéj.

§. 148. Współbrzmienie. Uderzając młotkiem o strunę monokordu, usłyszymy równocześnie podobny ton ze strun gitary, znajdującéj się w pobliżu.

Ciała brzmiące mogą za pośrednictwem powietrza inne ciała do wydawania głosu pobudzić.

Ciała współbrzmiące wydają ton nawet i wtedy, gdy źródło pierwotne głosu przyciszymy. Piszczałki, dzwony, struny, arfy, gitary, fortepian i t. d. wydają współbrzmienie, jeśli w ich sąsiedztwie odezwie się ton silny takiéj wysokości, na jaką one są nastrojone. Własność tę ciał nazywamy współbrzmieniem.

Fig. 193.

Powietrze, zamknięte w bańce metalowéj, o pewnéj wielkości, jest także niejako na pewien ton nastrojone, gdyż odzywa się tylko dla pewnego tonu. Bańką taką, zwaną także resonatorem (fig. 193.), można oznaczyć ton, wygrany na jakimś instrumencie.

Fig. 194.

Do jakiego stopnia można wzmocnić głos zapomocą współbrzmienia powietrza, poucza nas dzwon Haldata *B* (fig. 194.), którego ton znakomicie wzmocnimy, jeśli przysuniemy rurę papierową *A*, zawierającą stosownie dobraną objętość współbrzmiącego powietrza.

Ciała o dowolnych kształtach i dowolnéj masie wydają głos tylko tak długo, jak długo źródło głosu wysyła fale, przyczém następuje także znakomite wzmocnienie pier-

wotnego brzmienia. Zjawisko na takich ciałach nazywamy odbrzmiewaniem.

Widełki strojowe wydają ton stosunkowo cichy, który dozna znacznego wzmocnienia, jeśli oprzemy trzonek widełek na stole lub na skrzyneczce o cienkich ściankach drewnianych. Z téj własności odbrzmiewania ciał korzystamy przy takzwanych instrumentach rzniętych, ażeby tony ciche strun należycie wzmocnić zapomocą pudeł odbrzmiewających. U skrzypiec przyczynia się i współbrzmienie do wzmocnienia tonów.

§. 149. Narząd głosowy należy do rodzaju piszczałek stroikowych i składa się z tchawicy, t. j. rurki, utworzonéj z licznych obrączek chrząstkowych. Koniec téj rurki tworzy krtań, składającą się z cztérech ruchomych chrząstek. W krtani wyprężone dwie błony czyli wiązadła tworzą szparę, głośnią zwaną. Nad głośnią spoczywa błona chrząstkowa, zwana nagłośnią, a służąca do tego, aby pokarmy, przesuwające się do gardzieli, nie mogły się dostawać do głośni i tchawicy.

Powietrze, wypchnięte zapomocą płuc z tchawicy, wprawia w drganie wiązadła sprężyste, które wydają tém wyższy ton, im bardziéj są napięte.

Szereg jam, znajdujących się za głośnią, jak gardziel, jama ustna, jamy nosowe i t. d., służy do tego, aby przez odbrzmiewanie powietrza głos wzmocnić.

Obszerność głosu ludzkiego wynosi niespełna 4 oktawy; atoli nie napotyka się jéj nigdy u téjsaméj osoby, gdyż obszerność głosu zwyczajnego nie przechodzi dwóch oktaw, a rzadko kiedy dosięga $2\frac{1}{2}$ oktaw.

§. 150. Barwa tonów. Jeśli szarpniemy strunę metalową, rozpiętą na monokordzie, i z uwagą przysłuchamy się tonowi brzmiącemu, to usłyszymy prócz owego głośnego tonu dwa lub nawet kilka tonów wysokich, ale bardzo cichych, które się odzywają równocześnie z téj szarpniętéj struny. Tony te staną się znacznie wyraźniejsze, jeśli je wzmocnimy zapomocą stosownie dobranych resonatorów, a wtedy usłyszymy ich nawet kilkanaście. Ciche te tony, towarzyszące niemal zawsze tonom zwyczajnym, nazywamy tonami górnymi. Zapomocą tychsamych resonatorów wykryto, iż n. p. tonowi *c*, odzywającemu się ze struny skrzypcowéj, towarzyszą całkiem inne tony, niż temusamemu *c*, wydobytemu z klarnetu. Tony górne stają się zatém przyczyną, iż zdołamy rozróżnić ton *c* skrzypiec od tonu *c* téjsaméj mocy, wydobytego z klarnetu. Wrażenie wypadkowe, jakie odbiéramy wskutek brzmienia tonu głośnego wraz z tonami górnymi, zowiemy barwą albo dźwięcznością tonu.

Przekonano się zapomocą bardzo dokładnych doświadczeń, że najróżnorodniejsze przyczyny, jak przyroda lub kształt ciała, jego wyprężenie lub sposób pobudzania do ruchu drgającego, przeszkadzają wytworzeniu się wszystkich tonów górnych. Niektóre tony górne są stosunkowo głośniejsze, inne cichsze, a jeszcze inne wcale zanikają. Stosunki będą oczywiście u każdego ciała brzmiącego inne; dlatego tony, wydobyte na skrzypcach, flecie, klarnecie i t. d., jakkolwiekby miały tęsamę moc i wysokość, łatwo od siebie odróżnić, gdyż dla pewnego tonu wydaje każdy instrument inny szereg tonów górnych, które też powodować muszą i odmienną barwę tonów.

Podczas śpiewania lub mówienia wydają wiązadła pewien ton, do którego przyłącza się szereg tonów górnych, utworzonych wskutek współbrzmienia powietrza w jamie połykowéj (gardzieli), w jamie ustnéj i w jamach nosowych. Te górne tony wpływają na barwę głosu ludzkiego.

B. O przewodzeniu głosu.

§. 151. Przewodniki głosu. Ciała te, które przenoszą głos od ciała brzmiącego do naszego ucha, nazwaliśmy (§. 141.) przewodnikami głosu. Cząstki przewodnika wykonują takisam ruch drgający, jak ciało brzmiące; ruch ten w formie fali dochodzi wreszcie do narządu słuchowego.

Przewodniki głosu muszą być ciałami sprężystymi.

Pod względem sposobu przewodzenia fal głosowych okazują ciała wielką rozmaitość. Najlepiéj przeprowadzają głos ciała stałe, słabiéj płyny, a stosunkowo najgorzéj gazy. Chyżość przeprowadzenia fal głosowych nie zależy nadto od mocy wysokości lub barwy tonu, a wpływa na nią jedynie natura przewodnika, zależna od gęstości, temperatury i sprężystości ciała.

§. 152. Chyżość przewodzenia w powietrzu fal głosowych oznaczono doświadczeniem. W spokojnéj nocy zimowéj ustawiono na dwóch wzgórzach pod Paryżem działa, których błysk podczas wystrzału na obu pagórkach mógł być równocześnie obserwowanym. Ponieważ światło przebiega drogę 313.000 kilometrów na sekundę, dostawał się błysk jego z jednego wzgórza *A* na drugie *B* w téjsamej chwili. Tymczasem huk armatni, powstający równocześnie z błyskiem, dochodził dopiéro po pewnym czasie do ucha obserwatorów. Czas ten był właśnie na to potrzebny, aby fale głosowe mogły przebiéc dokładnie wymierzoną odległość między obu wzgórzami. Z podzielenia odległości między obu wzgórzami przez liczbę sekund, upływających od spostrzeżenia błysku wystrzału do usłyszenia huku, otrzymano liczbę 333,$_6$ m.; jestto chyżość przewodzenia fal w powietrzu.

Wykryto nadto, że chyżość przewodzenia fal w powietrzu jest niezależną od ciśnienia barometrycznego, a zwiększa się przy ogrzaniu na 1° C. o 0,6 metra.

Z licznych doświadczeń przekonano się, że chyżości przewodzenia w dwóch ciałach mają się odwrotnie jak pierwiastki z ich gęstości. Ciało np., 9 razy gęstsze od drugiego, przewodzi od niego 3 razy pomaléj.

Chyżość przewodzenia fal wynosi: w tlenie 317 m., w wodorze 1.269 m.; we wodzie 1.435 m.

§. 153. Odbijanie się głosu, odgłos i pogłos. I. Fale głosowe mogą uderzyć w pochodzie swoim o ścianę, a wtedy odbijają się. Jeżeli fala odbita dostanie się do ucha, natenczas wytwarza wrażenie, podobne temu, jakie wywołała fala pierwotna, ale znacznie słabsze; słyszymy zatém po raz wtóry głos, pochodzący od fali odbitéj, a zowiemy go odgłosem, albo echem. Ponieważ ucho może rozróżnić co najwięcéj 10 głosów na sekundę, a szybcéj po sobie następujące wrażenia zaciéra i zlewa, dlatego fala odbita dostanie się do ucha, jako głos lub dźwięk odrębny, jeśli powróci co najmniéj po 0,1 sekundy, a zatém, jeśli źródło głosu i ucho słuchacza oddalone jest od ściany odbijającéj co najmniéj $\frac{333,5}{2 \times 10}$ metr.

Dla echa dwuzgłoskowego, 3-lub 4-zgłoskowego musi być ściana podobnie 2. $\frac{333,5}{2 \times 10}$, 3. $\frac{333,5}{2 \times 10}$ lub 4. $\frac{333,5}{2 \times 10}$ m. oddalona od źródła głosu i od osoby słuchającéj. Dlaczego?

Echa wielozgłoskowe słyszymy wyraźnie tylko wtedy, jeśli źródło głosu wysyła bardzo mocne fale. (Wystrzał z moździerza).

Kilka ścian, ustawionych tak względem osoby słuchającéj, że głos po każdorazowém odbiciu do jéj ucha się dostaje, wytwarza echo wielokrotne, czyli powtarzające się kilka razy.

Wielozgłoskowe echa są nader rzadkimi zjawiskami, częściéj występują echa wielokrotne. W pobliżu Aderbach, w Czechach, odpowiada 3 razy 7-zgłoskowe echo. W pobliżu miasta Koblencyi, nad Renem, powtarza echo jednę zgłoskę 18 razy.

Echa w wielkich salach, kościołach i t. d., przeszkadzające słyszeniu słów wymawianych, stłumia się przedmiotami, nieregularnie odbijającymi, które się ustawia lub zawiesza w rozmaitych miejscach sali. Sferyczne zwierciadła, sufity eliptyczne odbijają w kierunku ognisk. Na téj zasadzie polega konstrukcya sal akustycznych, służących na widowiska lub do produkcyi muzycznych.

II. Jeżeli fala odbita powraca do ucha prędzéj, niż po 0,1 sekundy, natenczas ucho zlewa pierwotne wrażenie z tym głosem odbitym; zjawisko to nazywamy pogłosem. Pogłosu zatém

wyróżnić ucho nie zdoła; przyczynia się on do wzmocnienia fali pierwotnéj, co przy mówieniu w salach niewielkich a zamkniętych łatwo sprostrzeżemy.

Ażeby fale głosowe nie doznawały znacznego osłabienia wskutek rozchodzenia się ich na wszystkie strony, kierujemy je tylko w tę stronę, w któréj ucho słuchacza się znajduje. Uskutecznia się to zapomocą takzwanych rur głosowych, używanych w większych lokalach, albo zapomocą tuby głosowéj (fig. 195.), z któréj fale, po kilkakrotném

Fig. 195.

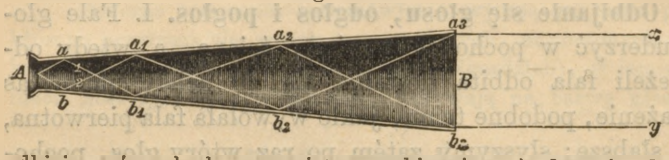
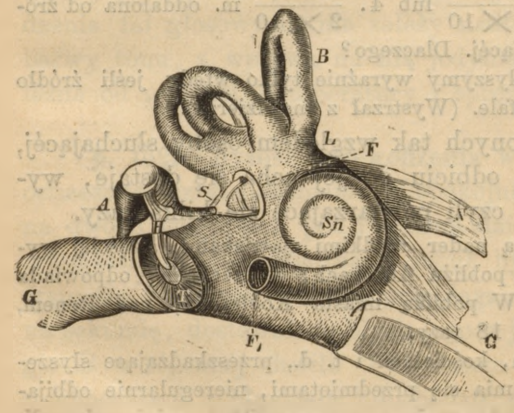


Fig. 196.

odbiciu, równolegle w powietrze wybiegają, nie doznając daléj znaczniejszego osłabienia. Tub głosowych używa się na okrętach, przy pożarach, do dawania ostrzeżeń donośnych i t. d. Odwróconą tubą jest takzwany rożek akustyczny (fig. 196.), w którym fale, obejmujące coraz mniejsze masy powietrza, zyskują na mocy i mogą błony bębenkowe tępo słyszących osób skutecznie do drgania pobudzić.

§. 154. Narząd słuchowy składa się z części zewnętrznéj i z ucha wewnętrznego (fig. 197.). Część zewnętrzna czyli małżowina jestto błona chrząstkowata, w rozmaite strony pozaginana,

Fig. 197.



wybiegająca w rurę, zwaną przewodem słuchowym. Przewód słuchowy zamyka cienka błona sprężysta (bębenek), zapomocą osobnych mięśni zmiennie wyprężalna.

Zadaniem małżowiny, w różne strony powyginanéj, jest sprowadzenie do wnętrza przewodu, zapomocą odbicia, także i tych fal głosowych, któreby ucho pominęły, gdyby małżowina temu nie przeszkodziła. W przewodzie słuchowym *(G)*, przez który fale głosowe idąc uderzają o bębenek *(T)*, wydzielają osobne gruczoły woskowinę, masę gęstą i lepką, powstrzymującą w dalszym pochodzie małe owady, które się czasem zapędzą aż do wnętrza przewodu.

Za błoną bębenkową znajduje się jama, zwana także jamą bębenkową, którą kostna ściana w około otacza. Sklepienie jamy

ma dwa otwory czyli okienka, zamknięte cienką błonką, z których jedno jest okrągłe *(F_1)*, a drugie owalne *(F)*.

W jamce bębenkowéj mieści się naprzód szereg kosteczek chrząstkowatych, z których pierwsza *(H)*, zwana młoteczkiem, przylega do błony bębenkowéj zapomocą trzonka. Druga chrząsteczka, zwana kowadełkiem *(A)*, przylega do młoteczka z jednéj strony, a z drugiéj strony styka się zapomocą kostki Sylwiusza *S* z trzecią chrząsteczką, zwaną strzemionkiem, którego podłużna stopka opiera się o błonę powyżéj opisanego okienka owalnego. Za tym owalnym otworem, idąc daléj w głąb głowy, mieści się ucho wewnętrzne, składające się z błędnika *L*, zawierającego w sobie ciecz (wodę), w któréj pływają nerwy, mające kształt cienkich niteczek. Ślimak *Sn* ($2\frac{1}{2}$ skrętu) i 3 przewody półkuliste *B*, nachylone do siebie pod kątem prostym, zawierają także płyn, w którym, podobnie jak w błędniku, rozchodzą się kończyny nerwu słuchowego. Jamę bębenkową łączy osobny przewód (trąba Eustachego) z jamą ustną, aby nacisk powietrza, zawartego wewnątrz ucha, zrównoważyć w każdéj chwili z powietrzem atmosferycznem.

W chwili, kiedy fale głosowe wprowadzą błonę bębenkową zapomocą uderzeń w ruch drgający, przechodzi ruch ten daléj za pośrednictwem owych 3 chrząstek, ze sobą połączonych, i dociera zapomocą stopki strzemionka aż do błony okienka owalnego. Błonka udziela ruch ten cieczy, zawartéj w błędniku, która go na nitki nerwowe daléj przenosi.

ROZDZIAŁ DZIEWIĄTY.

Nauka o świetle. (Optyka).

§. 155. Ciała świécące, ciała ciemne. Ogrzewając drucik żelazny nad płomykiem lampki, spostrzegę wkrótce, iż drucik ten zmieni swą barwę szarą na barwę czerwoną. Mówimy: drucik żarzy się. Drucik żarzący się ma tę własność, że go nawet w ciemném miejscu możemy widzieć. Ze wzmaganiem się temperatury drucika staje się on jaśniejszym i jeszcze lepiéj widzialnym.

Ciała, ogrzane do temperatury żaru, znajdują się w stanie szczególniejszym, działają bowiem na zmysł wzroku. Ciała takie

zowiemy świécącymi, a wrażenia, odbierane za pośrednictwem oka, nazywamy światłem.

Podczas łączenia się chemicznego niektórych ciał pojawia się światło przy stosunkowo niskiéj nawet temperaturze, podobnie świécą niektóre żyjątka morskie, robaczki świętojańskie. Świécenie ciał przy niskiéj temperaturze zowiemy fosforescencyą.

Ciała, które światła nie wysyłają, nazywamy ciałami ciemnymi. Ciał ciemnych nie możemy widzieć w ciemności.

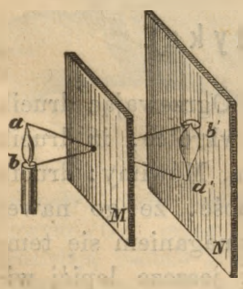
§. 156. Rozchodzenie się światła. I. Światło z drucika rozżarzonego dostawało się do oka za pośrednictwem powietrza; gdy przed okiem ustawimy czystą tafelkę szklaną, przekonamy się, iż światło dostanie się do oka naszego tak dobrze, jak przedtém za pośrednictwem powietrza. Jeśli zamiast tafelki szklanéj użyjemy tekturki grubéj, to światło będzie nią zupełnie powstrzymane, gdyż drucika żelaznego nie widzimy.

Ciała takie, które światło przepuszczają, nazywamy ciałami przezroczystymi, a te, które światło powstrzymują, nieprzezroczystymi.

Powietrze, szkło, woda w warstwach miernéj grubości przepuszczają światło. Deska, blacha żelazna, mur i t. d. powstrzymują światło. Przekonano się, że ciała, uważane za nieprzezroczyste, przepuszczą światło, gdy nadamy im kształt bardzo cieniutkich blaszek.

Przejście od ciał przezroczystych do zupełnie nieprzezroczystych, tworzą ciała ćme, czyli przeświecające, przez które promienie światła w części tylko przechodzą. Porcelana i szkło mleczne w kształcie niebardzo grubych tafelek są przeświecające, to znaczy: jednę część światła przepuszczają, a drugą część światła chłoną.

Fig. 198.



II. Przed zapaloną świécą *ab* (fig. 198.) ustawiam tekturową zasłonkę *M*, w któréj środku zrobiono mały otwór. Za tą zasłonką ustawiam drugą *N* i spostrzegam, iż na niéj utworzył się obrazek *a'b'* świécy, ale w położeniu przewróconém. Obrazek ten powstał w ten sposób, iż promień światła, wychodzący z punktu *a*, podążył po linii prostéj przez otwór zasłonki *M* i padł w punkcie *a'* na zasłonkę *N*. Podobnie po linii prostéj dostał się promień światła z *b* do punktu *b'*.

Promienie światła rozchodzą się z ciała świécącego na wszystkie strony po liniach prostych.

Obrazek, utworzony na ściance *N*, zależy tylko od kształtu ciała świecącego; dlatego promienie słoneczne, przedzierające się szparami w liściach drzew, tworzą na ziemi obrazki okrągłe.

W ten sposób łatwo wytłómaczyć, dlaczego otworem okrągłym, zrobionym w okiennicy pokoju zaciemnionego (fig. 199.), przedzierają się promienie po liniach prostych i tworzą na przeciwległéj ścianie przewrócony obraz okolicy, oświetlonéj mocno promieniami słonecznymi.

Fig. 199.

III. Jeżeli promienie światła napotykają w swoim pochodzie ciało nieprzezroczyste, wtedy, wskutek prostolinijnego rozchodzenia się promieni światła, utworzy się za tém ciałem przestrzeń ciemna, zwana cieniem, do któréj promienie dotrzéć nie mogły.

Światło, wychodzące z jednego niemal punktu małego płomyka świécy (fig. 200. str. 176.), napotyka kulę nieprzezroczystą, która za sobą tworzy cień zupełny, przechodzący brzegami nagle w jasność.

Gdy światło, pochodzące z kuli do białości rozżarzonéj, padnie na kulę jeszcze większą (fig. 201. str. 176.) ale ciemną, natenczas powstaje za kulą ciemną cień, a przy nim dwa pasy jaśniejsze, przycieniami zwane, które zwolna przechodzą w zupełną jasność. Po prawéj stronie kuli świécącéj mniejsza kula ciemna tworzy cień kształtu odmiennego, natomiast dwa przycienie podobne do poprzednich.

Objaśnić na podstawie wiadomości z geografii i przedstawić rysunkiem zaćmienie słońca i księżyca!

Kształt, obszerność i długość cienia zależą od kształtu i wielkości tak ciała świécącego, jak i ciała cień rzucającego. Rano i wieczorem

rzucają ciała, oświetlone promieniami słonecznymi, najdłuższy cień, a w samo południe — cień najkrótszy. Cień porusza się równocześnie z posuwaniem się słońca na niebie od wschodu na zachód; na tém polega urządzenie zegarów słonecznych.

Fig. 200.

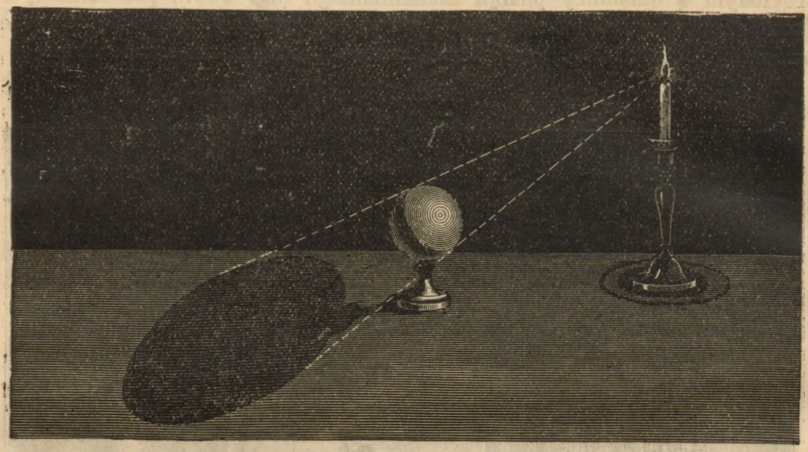
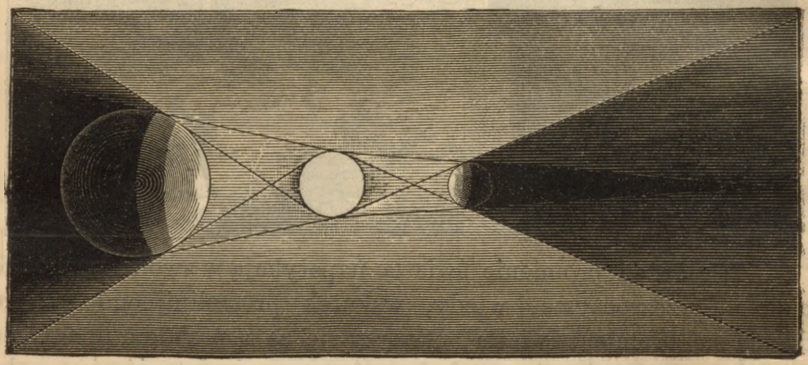


Fig. 201.



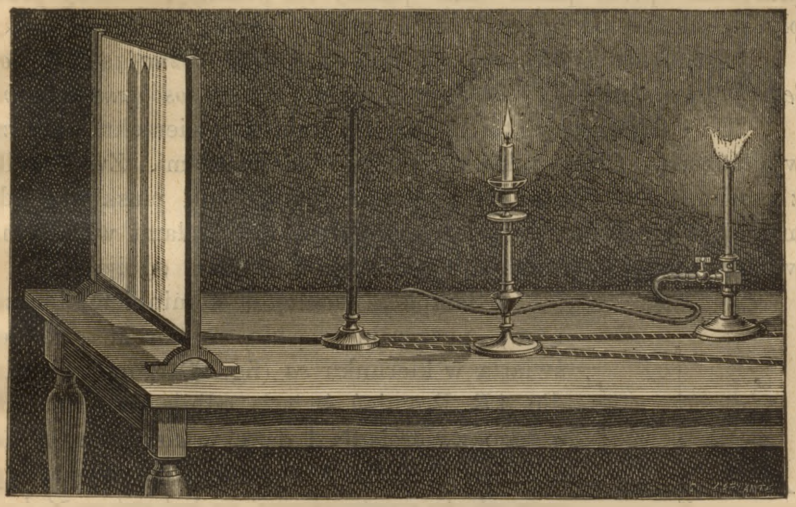
IV. Chyżość światła jest bardzo wielką, gdyż wynosi około 313.000 Km. na sekundę.

§. 157. Moc światła. Porównywując światło promyka świécy z płomykiem lampy naftowéj, spostrzeżemy, że przy téj ostatniéj jaśniéj jest w pokoju, lepiéj bowiem widzimy przy niéj przedmioty w około rozstawione, mówimy dlatego: światło płomyka w lampie jest mocniejsze od światła, wychodzącego z płomyka świécy.

Do dokładniejszego porównania mocy dwóch świateł używamy osobnych przyrządów, zwanych fotometrami. Fotometr, przedstawiony

na fig. 202., opiéra się na zasadzie, stwierdzonéj doświadczeniem, iż im mocniejsze jest światło, tém ciemniejszy cień tworzy. Słupek nieprzezroczysty, postawiony między światłami świécy i gazu, a prostokątną papierową zasłonką, utworzy na niéj dwa cienie: jeden, należący do płomyka gazu, będzie znacznie ciemniejszy, jeśli płomyki gazu i świécy są równo oddalone od patyczka, rzucającego cień. Chcąc mieć cienie równo ciemne, musimy płomyk gazu odsunąć znacznie daléj. Jeśli np. płomyk gazu jest 3 lub 4 razy bardziéj oddalony od owego słupka, aniżeli płomyk świécy, natenczas światło gazowe jest 3×3 lub 4×4 razy mocniejsze od światła świécy.

Fig. 202.

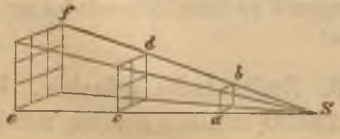


Jedno i tosamo światło wydaje nam się słabszém, gdy się od niego bardziéj oddalimy. Sprawdzono, że gdy oddalimy się od świécy 2, 3 lub 4 razy bardziéj, moc jéj światła wydaje się nam 2×2, 3×3 lub 4×4 razy mniejszą.

Ciało ciemne może być oświetlone, jeśli promienie ciała świécącego na nie padają. Moc oświetlenia zależy od kąta, pod jakim promienie światła padają na ciało ciemne. Najsilniéj oświetlają promienie wtedy, gdy padną prostopadle na ciało, a im bardziéj ukośnie trafiają ciało ciemne, tém téż słabiéj je oświetlają.

Moc oświetlenia ściany zależy nadto od odległości światła od ściany oświetlonéj.

Fig. 203.



Jeśli bowiem oświetlimy ściankę $ab = 1$ □ cm. (fig. 203.) promieniami, wychodzącymi z punktu S, to tesame promienie, padając na ściankę cd, dwa razy bardziéj oddaloną, a więc zawierającą 4 □ cm., oświetlą ją cztéry razy

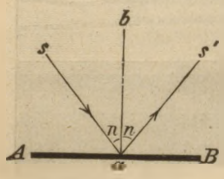
słabiéj, niż ściankę *ab*. Ściankę *ef*, od *S* 3 razy bardziéj niż *ab* oddaloną, oświetlą tesame promienie 9 razy słabiéj, gdyż ścianka ta jest 9 razy większą, niż ścianka *ab*. Moc oświetlenia pozostaje w stosunku odwrotnym do kwadratu oddalenia źródła światła od ścianki oświetlonéj.

§. 158. Odbijanie się światła, zwierciadła. Poruszając gładką płytką szklaną lub metalową przy oknie, przez które wpadają promienie słoneczne, spostrzegamy, iż pocznie biegać po ścianie jasna plamka. Ponieważ przedtém nie było na ścianie jasnego paska, domyślamy się, że promienie słoneczne, które przedtém wprost przez okno padały na podłogę, zostały przez płytkę szklaną odchylone, czyli odbite, i padły na ścianę.

Promienie światła, padając na jakieś ciało, doznają odbicia od jego powierzchni i dążą daléj w kierunku, w ten sposób zmienionym.

Do odbijania światła nadają się ciała z powierzchnią dobrze wygładzoną. Ciała takie zowiemy zwierciadłami. Zwierciadła z powierzchnią płaską nazywamy zwierciadłami płaskimi; gdy mają powierzchnię wklęsłą, zowią się zwierciadłami wklęsłymi; wypukłe zwierciadła mają wypukłą powierzchnię odbijającą.

Fig. 204.



Z lampki, osłoniętéj kominkiem blaszanym, puszczam wąskim otworem promień światła w kierunku *sa* (fig. 204.) na zwierciadło *AB*. Promień światła odbija się od punktu *a* tego zwierciadła i dąży w kierunku *as'* daléj. Jeśli w punkcie *a* zwierciadła wystawimy pion *ab*, to spostrzeżemy, że kąt *sab* = ∠ *bas'*. Kąt *(sab)*, zawarty między promieniem padania i pionem, zowiemy kątem padania, a kąt *(bas')*, zawarty między pionem i promieniem odbitym, kątem odbicia.

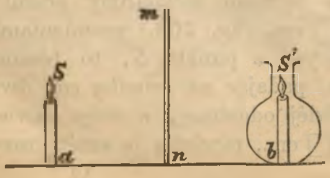
Z powyższego doświadczenia wynika:

1. Kąt padania równa się kątowi odbicia. 2. Promień padania i promień odbicia leżą po przeciwnych stronach pionu. 3. Pion, promień padania i promień odbicia leżą w téjsaméj płaszczyźnie.

Oba ostatnie prawa wynikają wprost z figury.

Z pierwszego prawa wynika, iż promień, padający prostopadle na zwierciadło, odbija się po téjsaméj linii prostéj.

Fig. 205.



Narysuj promienie, padające na zwierciadło pod rozmaitymi kątami, i wykréśl dla każdego promienia padania odpowiedni promień odbicia!

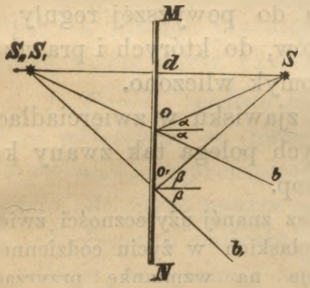
§. 159. Zwierciadła płaskie. I. Ustawiam tafelkę szklaną *mn* (fig. 205.),

gładką i przezroczystą, na stole, a przed nią świécę zapaloną *S*. Następnie mierzę dokładnie odległość świécy od tafelki i ustawiam w téjsaméj odległości, ale za tafelką, bańkę szklaną. Patrząc się teraz w zwierciadło od strony świécy, spostrzegam w tafelce obraz świécy, i przy tém wydaje mi się, jakoby ów obraz świécy stał w środku bańki szklanéj.

Z tego doświadczenia wynika, że:

Promienie światła odbijają się od zwierciadła w ten sposób, iż się wydaje, jakoby wychodziły od jakiegoś przedmiotu, umieszczonego w takiéj saméj odległości za zwierciadłem, w jakiéj się znajduje przedmiot świécący przed zwierciadłem. Równocześnie widzimy, iż ów za zwierciadłem utworzony obraz posiada tęsamę wielkość, co i przedmiot, i że jest prosto stojący.

Fig. 206.

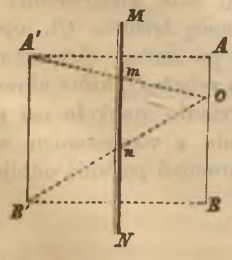


Powyższe zjawisko możemy wytłómaczyć zapomocą rysunku. Na zwierciadło *MN* (fig. 206.) pada promień *So* i odbija się w kierunku *ob*; drugi promień So_1 odbija się w kierunku o_1b_1. Promień *Sd*, padający prostopadle na zwierciadło, odbija się, jak wiadomo, po téjsaméj linii prostéj *dS*. Wszystkie te trzy promienie odbite, tj. *dS*, *ob* i o_1b_1, należycie przedłużone, przecinają się w jednym punkcie, a nam się wydaje, jakoby z niego wychodziły wszystkie promienie odbite. Jestto obraz punktu świécącego, utworzony przecięciem się promieni odbitych. Ponieważ $\triangle\ doS \cong doS_1$ — gdyż $\sphericalangle\ Sod = \sphericalangle\ doS_1$, a zatém oba trójkąty mają jeden bok (*do*) jednakowy i dwa kąty, temu bokowi przyległe, równe — przeto wynika, że $Sd = dS_1$, czyli odległość punktu świécącego i jego obrazu od zwierciadła jest jednakowa.

Jeżeli nie same promienie odbite, lecz dopiéro ich przedłużenia przecinają się i tworzą obraz, to taki obraz zowiemy domniemanym.

Obraz w zwierciedle płaskiém jest zawsze domniemanym.

Fig. 207.



Chcąc odszukać obraz w zwierciedle *MN* dla przedmiotu świécącego *AB* (fig. 207.), należy poprowadzić z każdego punktu świécącego promienie prostopadłe do zwierciadła, przedłużyć je za zwierciadłem o takąsamę odległość, w jakiéj każdy z tych punktów znajduje się przed zwierciadłem, a łącząc ze sobą odpowiednie punkty, otrzymamy obraz *A'B'*. Z téj konstrukcyi wynika rzeczywiście, zgodnie z obserwacyą, że obraz i przedmiot są jednakowéj wielkości; że oba są symetryczne do płaszczyzny zwierciadła; nadto, że wystarcza zwierciadło *mn*, dwa razy mniejsze od przedmiotu, aby oko, umieszczone w punkcie *O*, mogło widzieć cały obraz.

*

II. Umieśćmy świécę zapaloną pomiędzy dwoma zwierciadłami (fig. 208.), nachylonymi do siebie pod kątem 45°, a przekonamy się, że w obu zwierciadłach powstanie 7 obrazków, które razem ze świécą leżą na obwodzie koła, zakreślonego z wierzchołka kąta, obu zwierciadłami utworzonego. Liczbę tę ośmiu płomyków, w któréj zawiéra się i płomyk rzeczywistéj świécy, otrzymamy przez podzielenie 360° przez kąt nachylenia (45°) obu zwierciadeł. Na fig. 209. zawiérają zwierciadła kąt 60°, w nich téż pojawia się, stosownie do powyższéj reguły, 6 obrazków, do których i prawdziwy płomyk wliczono.

Fig. 208.

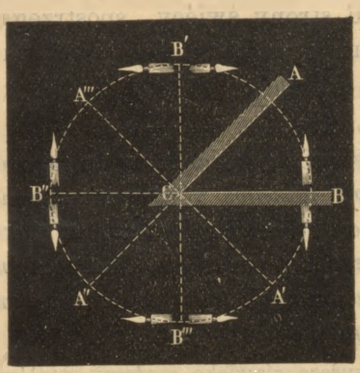
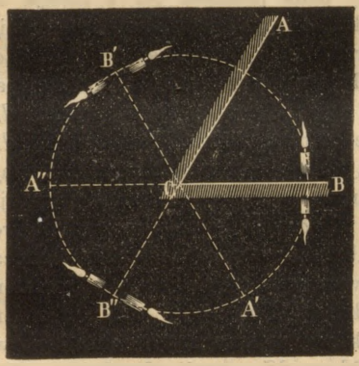


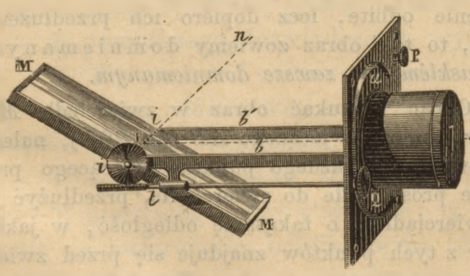
Fig. 209.



Na zjawisku w zwierciadłach kątowych polega tak zwany kalejdoskop.

Prócz znanéj użyteczności zwierciadeł płaskich w życiu codziennem zasługuje na wzmiankę przyrząd, zwany heliostatem (fig. 210.). Służy on do skierowania odbitych promieni słonecznych tak, aby zawsze padały na pewien punkt żądany. W tym celu obracamy, zgodnie z ruchem dziennym słońca, zwierciadło *MM* zapomocą kółka zębatego *P*, obracającego naokoło osi poziomej całe zwierciadło, a zapomocą trzonka *Qt*, opatrzonego śrubą, poruszamy kółko zębate *O*, które obraca zwierciadło naokoło osi *ii*, zgodnie z wznoszeniem się słońca ponad poziom. W ten sposób musi każdy promień padania odbijać się w żądanym kierunku *JR*.

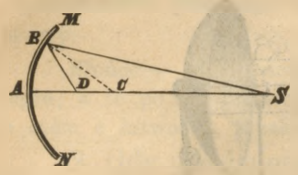
Fig. 210.



§. 160. Zwierciadła wklęsłe. Odcinam część kuli metalowéj wydrążonéj, wygładzam jéj powierzchnię wklęsłą i uzyskuję

w ten sposób zwierciadło wklęsłe *MN* (fig. 211.) ze środkiem *C* owéj kuli. Z punktu świecącego *S* wykreślam jeden promień padania *SB*. Chcąc oznaczyć kierunek promienia odbitego, muszę wystawić w punkcie *B* pion. Tym pionem jest, jak wiadomo z geometryi, promień *CB*, poprowadzony ze środka kuli do cząstki zwierciadła *B*, na którą promień pada. Kąt padania jest *SBC*, a jemu równy kąt odbicia jest *CBD*; *BD* jest zatém kierunkiem promienia odbitego. Kreślę następnie drugi promień padania *SA*: ten uderza prostopadle o zwierciadło, odbija się zatém w kierunku *AS*. Oba promienie odbite *BD* i *AS* przecinają się w punkcie *D* i tworzą tam obraz punktu świecącego.

Fig. 211.



W powyższym przypadku przecinają się same promienie odbite, a nie ich przedłużenia (tak jak u zwierciadeł płaskich), tworzą zatém obraz rzeczywisty.

1. Prawa, według których odbijają się promienie od zwierciadeł wklęsłych, są tesame, co u zwierciadeł płaskich. Pionem jest promień, wyprowadzony ze środka kuli, z któréj zwierciadło wycięto, do owego punktu zwierciadła, w którym promień się odbija.

2. Promień padania, przechodzący przez środek kuli, wraca po odbiciu po téjsaméj linii prostéj i zowie się promieniem głównym, a jeśli połowi zwierciadło, przybiéra nazwę osi zwierciadła.

3. Obrazem punktu świecącego jest ów punkt, w którym się przecinają dwa promienie odbite.

Obiéra się zwykle przytém jeden promień dowolny, a drugim jest promień główny.

Zapomocą praw, powyżéj wysnutych, łatwo rysunkiem sprawdzić, że:

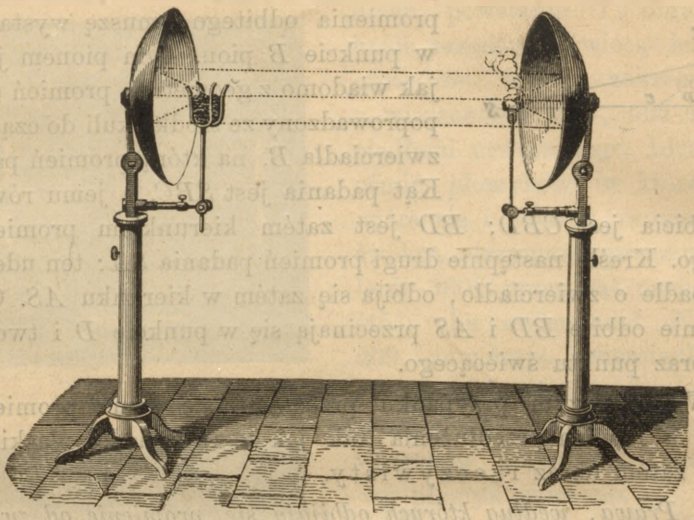
1. Promienie, równoległe do osi zwierciadła wklęsłego, przecinają się w jednym punkcie, który połowi promień kuli i zowie się ogniskiem.

2. Promienie, wychodzące z punktu świecącego, umieszczonego w ognisku, idą po odbiciu równolegle do osi zwierciadła.

Wraz z promieniami światła skupiają się w ognisku i promienie ciepła, które podlegają tymsamym prawom odbicia, co i promienie świetlne. Jeśli bowiem w ognisku jednego zwierciadła (fig. 212. str. 182.) umieszczę w koszyku kilka węgli żarzących się, natenczas po odbiciu biegną te promienie równolegle do siebie aż do drugiego zwierciadła, tam odbijają się i skupiają, jak wiadomo, w ognisku tego drugiego zwierciadła.

Jeśli tu umieścimy kawałek suchéj hubki, to spostrzeżemy, iż wkrótce hubka zapala się pod wpływem skupionych promieni ciepła.

Fig. 212.



3. Jeśli punkt świécący leży za środkiem kuli, to promienie po odbiciu tworzą obraz, położony między ogniskiem a środkiem kuli.

4. Gdy punkt świécący leży w środku kuli, jego obraz tworzy się również w środku kuli; obraz nakrywa zatém punkt świécący.

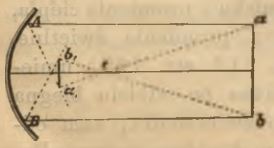
5. Gdy punkt świécący umieścimy między środkiem kuli a ogniskiem, natenczas tworzy się obraz za środkiem kuli.

6. Umieszczając punkt świécący między ogniskiem a zwierciadłem, otrzymamy obraz w zwierciedle; będzie on zatém domniemany, gdyż powstał wskutek przeci cia się przedłużeń odbitych promieni.

Narysować wszystkie powyższe przypadki!

§. 161. Wielkość i położenie obrazu w zwierciedle wklęsłém. Chcąc oznaczyć wielkość i położenie obrazu w zwierciedle wklęsłém dla przedmiotu świécącego *ab* (fig. 213.), poprowadźmy promienie z dwóch końcowych punktów tego przedmiotu równolegle do osi zwierciadła, wykrojonego z kuli ze środkiem *c*. Promień *aA* przechodzi przez ognisko po odbiciu i przecina się z promieniem głównym odbitym, w punkcie a_1. Podobnie promień *bB* przetnie się po odbiciu

Fig. 213.



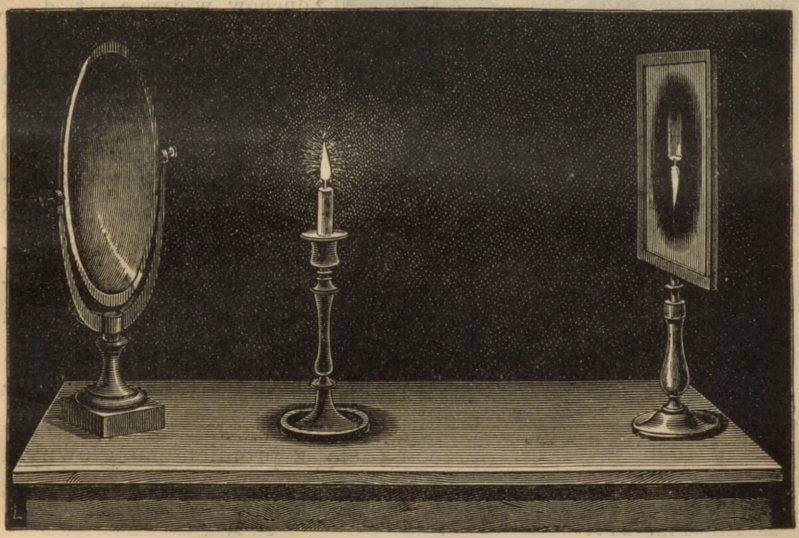
z promieniem głównym, z b wychodzącym, w punkcie b_1; $a_1 b_1$ jest zatém obrazem przedmiotu świécącego ab.

1. Jeżeli przedmiot świécący znajduje się za środkiem kuli c, natenczas powstaje obraz rzeczywisty, przewrócony i pomniejszony.

Słońce — ciało bardzo od nas oddalone — wysyła promienie równoległe, a te po odbiciu tworzą obraz w ognisku; obraz ten jest punktem, o czém z łatwością przekonać się można zapomocą doświadczenia.

2. Gdy przedmiot umieścimy w środku kuli, natenczas obraz nakrywa przedmiot świécący i jest z nim jednakowéj wielkości, co nietrudno sprawdzić i rysunkiem.

Fig. 214.



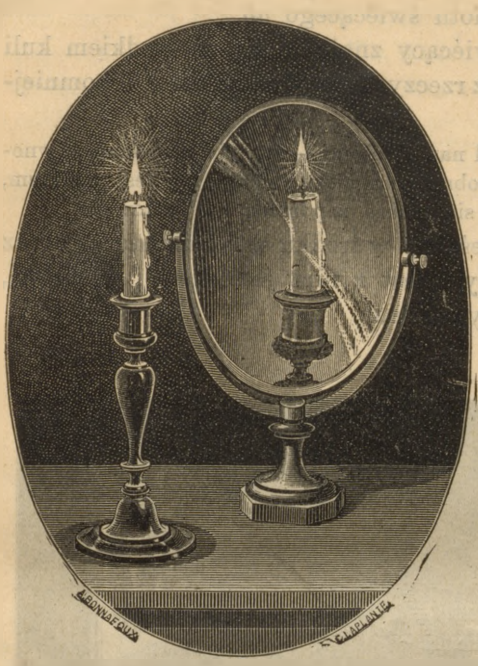
3. Na fig. 214. ustawiono świécę między środkiem kuli i ogniskiem: obraz utworzony pochwyciłem na zasłonkę i widzę, że jest przewrócony ale powiększony.

Sprawdzić ten wypadek rysunkiem!

4. Gdy świécę umieszczę w ognisku, to promienie odbite pójdą równolegle do osi zwierciadła wklęsłego: wprawdzie nie dostrzeżemy obrazu, ale zato promienie odbite oświetlą bardzo odległą przestrzeń w pewnym kierunku, tak, że w odległości stu kilkudziesięciu kroków od świécy będziemy mogli wygodnie czytać.

Na tém opiéra się użycie zwierciadeł wklęsłych w latarniach morskich, które w nocy i w mgle ostrzegają sternika przed miejscami, dla żeglugi niebezpiecznymi.

Fig. 215.



5. Na fig. 215. umieszczono świécę między ogniskiem a zwierciadłem: obraz, utworzony w zwierciedle (domniemany), jest powiększony i prosto stojący.

Zwierciadeł wklęsłych używają podczas golenia, do żywszego oświetlania wielkich przestrzeni w pewnym tylko kierunku, do przedstawiania sztuk magicznych, duchów w dymie i t. d.

§. 162. Zwierciadła wypukłe. I. Z punktu świécącego *S* (fig. 216.) pada promień na zwierciadło wypukłe *MN*. Ze środka kuli prowadzę następnie promień *Ca*, odcinam po drugiéj stronie tego pionu kąt, równający się kątowi padania, i otrzymuję kierunek promienia odbitego, który, należycie przedłużony, przecina się z promieniem głównym w punkcie *D*, tworząc tam obraz punktu świécącego.

Fig. 216.

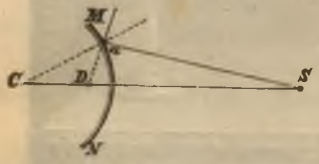
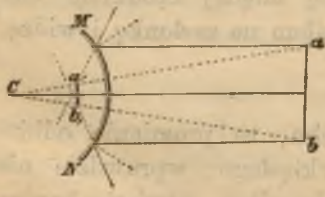


Fig. 217.



Obraz punktu świécącego w zwierciedle wypukłém jest zawsze domniemany.

Promienie równoległe do osi zwierciadła przecinają się po odbiciu w jednym punkcie, przypadającym w połowie promienia, a zwanym ogniskiem domniemaném.

II. Chcąc wykréślić obraz dla przedmiotu świécącego *ab* (fig. 217.), prowadzę z *a* promień, do osi zwierciadła równoległy. Ten, jak wiemy, przechodzi po odbiciu przez domniemane ognisko. Z punktu *a* wykréślam daléj promień główny *aC*, który przecina się z promieniem poprzednio odbitym w punkcie a_1. W podobny sposób wykréślę drugi punkt b_1 obrazu.

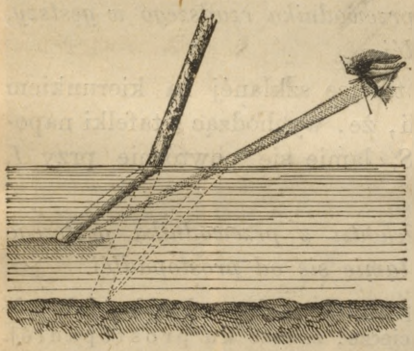
Obraz ($a_1 b_1$) w zwierciedle wypukłém jest domniemany, prosty i mniejszy od przedmiotu świécącego.

Zwierciadeł wypukłych używają przy rysowaniu krajobrazów i przedmiotów rozmaitych w rozmiarach zmniejszonych, jako kul ozdobnych po ogrodach i t. d.

§. 163. Załamanie światła. Na jedném z poprzednich doświadczeń widzieliśmy, że promień światła, padając na tafelkę szklaną, odbija się w części od téj tafli; druga część promienia światła przechodzi przez tę taflę i może dostać się do naszego oka.

I. Chcąc dowiedzieć się, czy promień, przechodzący przez ciało przezroczyste, nie doznaje przypadkowo jakiéj zmiany, wykonajmy następujące doświadczenie: W naczyńko szklane, napełnione wodą, lub jeszcze lepiéj naftą, stawiam ukośnie prosty patyczek drewniany. W chwili, kiedy zanurzyłem patyczek do połowy, wydaje mi się część patyczka, zanurzona w cieczy, zgiętą (fig. 218.), a zgięcie poczyna się przy saméj powierzchni płynu. Zjawisko powyższe tłómaczymy w ten sposób: Pręcik pozostaje prosty i po zanurzeniu; jego prawdziwe położenie uwydatniają kréseczki, wykréślone na figurze aż do dna naczynia. Każdy punkt zanurzonéj części wysyła światło. Koniec dolny patyczka wysyła np. dwa promienie, te dążą w płynie po linii prostéj aż do powierzchni cieczy, tu napotykają powietrze, a zatém ciało innéj gęstości, zbaczają od kierunku pierwotnego i dążą bez dalszych przeszkód do oka. Oko widzi ów punkt końcowy w kierunku promieni, które do oka się dostają. Na figurze mamy ten kierunek przedłużony aż do przecięcia w połowie głębokości płynu, tam téż pojawia się pozornie koniec patyczka. Inne punkty będą pozornie w bok usunięte. Pozorne załamanie patyczka pochodzi stąd, że promienie światła podczas przejścia z cieczy w powietrze doznały odchylenia.

Fig. 218.

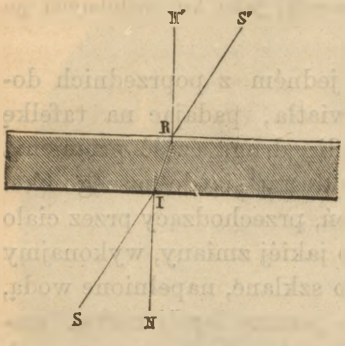


Promień światła zbacza od swego pierwotnego kierunku w chwili, kiedy przechodzi z ciała jednego w drugie ciało o innéj gęstości. Zboczenie to nazywamy załamaniem światła.

II. Chcąc dokładniéj oznaczyć kierunek promienia załamanego, użyjemy tafelki szklanéj, na którą pada promień światła w kie-

runku $S'R$ (fig. 219.). W punkcie R wystawiamy na tafelce pion $N'R$ i otrzymujemy, jak wiadomo, kąt padania, zawarty między pionem i promieniem padania. Doświadczenia uczą, że promień zbacza w szkle, a więc w ciele gęstszém od powietrza, w kierunku RI, to jest, zbliżając się ku pionowi, którego przedłużenie widzimy na rysunku. Kąt, zawarty między pionem a promieniem załamanym, nazywamy kątem załamania. Kąt załamania jest w powyższym przykładzie mniejszy od kąta padania.

Fig. 219.



Jeśli promień przechodzi z przewodnika rzadszego w gęstszy, natenczas łamie się ku prostopadłéj.

Gdybyśmy daléj śledzili w tafelce szklanéj za kierunkiem promienia RI, tobyśmy spostrzegli, że, wychodząc z tafelki napowrót w powietrze w kierunku IS, łamie się powtórnie przy I, lecz teraz już od pionu IN.

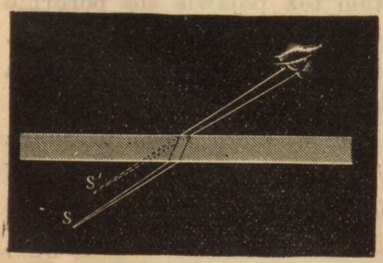
Jeśli promień światła przechodzi z przewodnika gęstszego w przewodnik rzadszy, natenczas łamie się od prostopadłéj.

Nafta, dwusiarczek węgla są wprawdzie rzadsze od szkła, jednakże łamią promień, idący ze szkła w te ciecze, zawsze ku prostopadłéj. Podobnie zachowują się i inne związki, zamożne w węgiel.

III. Obserwując bacznie pochód promienia światła na fig. 219., widzimy, że promień S_1R zbacza raz przy R w tafelce w kierunku RI, drugi raz przy I, wychodzi atoli w kierunku IS równoległym do promienia RS_1.

Promień światła doznaje wskutek załamania w tafelce przesunięcia, równolegle do kierunku pierwotnego.

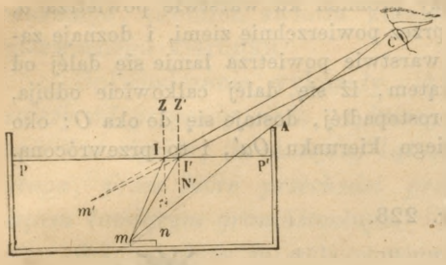
Fig. 220.



Jeśli zatém patrzyć będę przez tafelkę szklaną na jakiś przedmiot S (fig. 220.), to on wyda się pozornie w położeniu S', dlatego, że promienie, wychodzące z S, doznają w tafelce przesunięcia, i dostają się do oka w kierunkach, których przedłużenia w S' się spotykają.

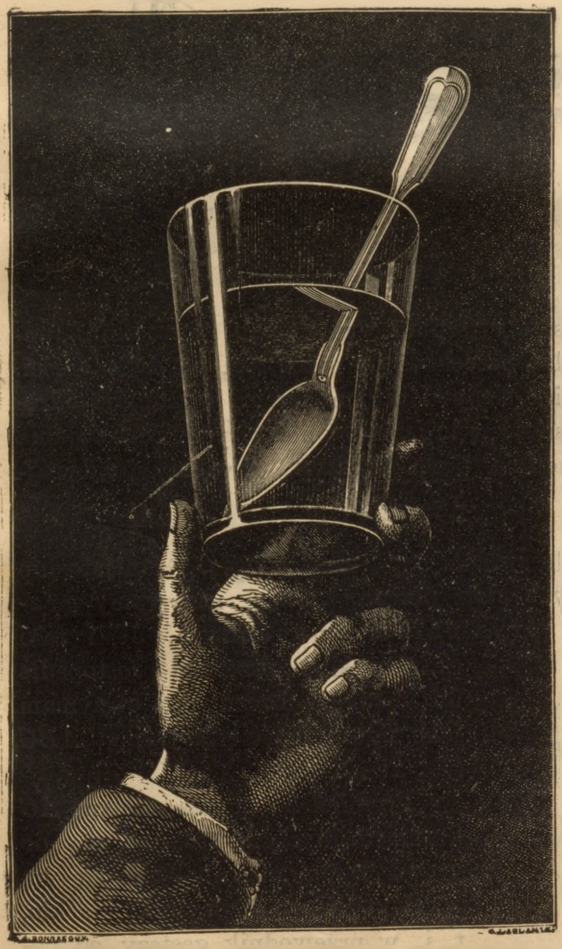
Wytłómaczyć zapomocą przydanego rysunku (fig. 221.), dlaczego oko, pozostające w niezmiennem położeniu *o*, nie widzi kamyka *mn*, leżącego na dnie naczynia wtedy, gdy naczynie jest próżne, a spostrzeże go natychmiast, gdy w naczynie nalejemy wody. Złudna głębokość wód przezroczystych w rzekach i jeziorach.

Fig. 221.



Słońce widzimy, chociaż jeszcze nie zeszło; tożsamo zdaje się nam, że ono jeszcze jest nad widnokręgiem, chociaż już dawno zaszło. Dlaczego? Przedstawić to zjawisko rysunkiem, uważając warstwy powietrza, jako tafelki, coraz to gęstsze, im bardziéj zbliżamy się ku ziemi.

Fig. 222.

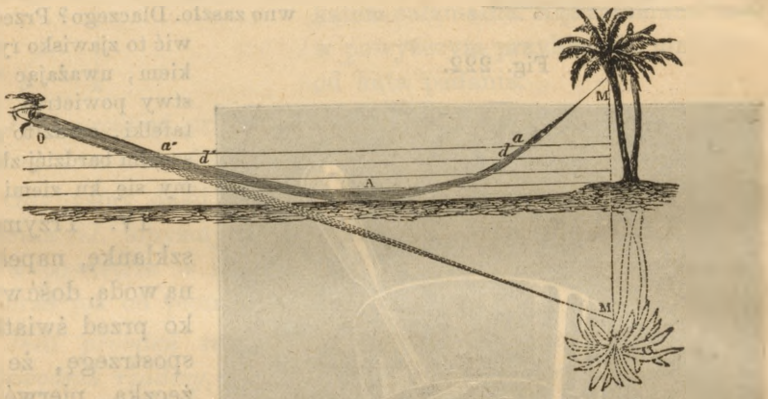


IV. Trzymając szklankę, napełnioną wodą, dość wysoko przed światłem, spostrzegę, że łyżeczka, pierwéj do szklanki włożona, łamie się nagle przy powierzchni (figura 222.), a część złamana leży na saméj powierzchni wody. Pochodzi to stąd, że łyżka jest tak w cieczy nachylona, iż promień światła, wychodząc z wody w powietrze, łamie się od pionu o tak wielki kąt, iż promień załamany ślizga się po powierzchni płynu, zamiast dążyć powietrzem. Gdybyśmy nieco

powiększyli kąt padania, pogłębiłby się promień załamany w cieczy, to znaczy: promień, zamiast łamać się, odbijałby się teraz. Takie zjawisko nazywamy całkowitém odbiciem.

Od punktu *M* (fig. 223.) dąży promień ku warstwie powietrza *a*, bardziéj rozrzedzonego ogrzaniem przez powierzchnię ziemi, i doznaje załamania od pionu; stąd w drugiéj warstwie powietrza łamie się daléj od pionu. Przy *A* pada pod takim kątem, iż się daléj całkowicie odbija, a łamiąc się teraz nieustannie ku prostopadłéj, dostaje się do oka *O:* oko widzi palmę w przedłużeniu ostatniego kierunku *Oa'*, i to przewróconą. Mamidła optyczne. Fata morgana.

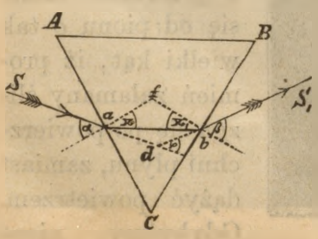
Fig. 223.



V. Niektóre kryształy (szpatu wapiennego, turmalinu) rozdzielają promień światła, przechodzący przez nie, na dwie części, z których każda, łamiąc się pod innym kątem, występuje odrębnie z kryształu. Własność tę kryształów niektórych, rozdwajania promieni podczas przejścia przez kryształ, zowiemy podwójném załamaniem.

§. 164. Załamanie światła w graniastosłupie. Graniastosłup trójścienny, wykrojony z ciała przezroczystego, nazywamy graniastosłupem albo pryzmatem optycznym. Jeśli taki graniastosłup przetnę prostopadle do krawędzi bocznych, otrzymam jako figurę przecięcia trójkąt *ABC* (fig. 224.).

Fig. 224.



Promień *Sa* uderza o ścianę *AC* graniastosłupa, a stosując się do prawa załamania, załamie się ku prostopadłéj *af*, gdyż wnika w szkło, t. j. w przewodnik gęstszy od po-

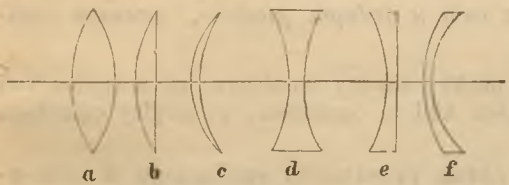
wietrza. Przez graniastosłup promień światła dąży w kierunku *ab*, a wychodząc napowrót w powietrze, łamie się od prostopadłéj *fb* i dąży daléj w kierunku prostolinijnym bS_1. Jak figura wskazuje, promień światła zboczył w całości o kąt φ od swego pierwotnego kierunku.

Doświadczenia wykazały, iż *odchylenie φ w graniastosłupie zależy od przyrody ciała, z którego zrobiono pryzmat; nadto jest ono tém większe, im mniejszy kąt zawierają obie ściany graniastosłupa, przez które przechodzi promień światła. Kąt C zowiemy kątem łamiącym graniastosłupa.*

Graniastosłupy ze szkła ołowiowego (flintglasu), nadto graniastosłupy wydrążone i napełnione naftą lub dwusiarczkiem węgla, odchylają bardzo znacznie promienie światła.

§. 165. Soczewki. Ciała przezroczyste, otoczone powierzchniami krzywymi, zowiemy w optyce soczewkami. Zwyczajnie używamy tylko soczewek kulistych, ograniczonych albo dwoma odcinkami kuli, albo odcinkiem kuli i płaszczyzną. Rozróżniamy dwa rodzaje soczewek: zbierające czyli skupiające promienie światła, zwane także powiększającymi (fig. 224. *abc*), i rozpraszające, czyli pomniejszające (fig. 225. *def*). Do soczewek skupiających należą: *a* dwuwypukła, *b* płaskowypukła i *c* wklęsłowypukła. Soczewki rozpraszające mogą być: *d* dwuwklęsłe, *e* płaskowklęsłe i *f* wypukłowklęsłe.

Fig. 225.



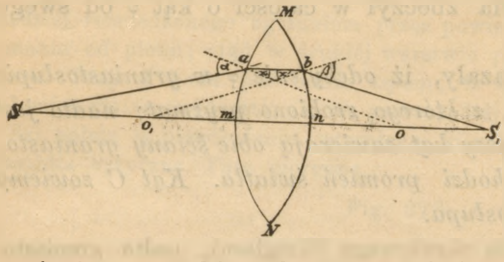
Linia, przechodząca przez oba środki powierzchni kulistych każdéj soczewki, zowie się osią soczewki. Promieniem głównym nazywamy każdy promień, przechodzący przez środek soczewki. Promień główny, padając prostopadle na obie ściany soczewki, przechodzi przez soczewkę bez załamania.

§. 166. Załamanie promieni światła w soczewkach skupiających. I. Soczewkę dwuwypukłą (fig. 226. str. 190.) utworzyłem z dwóch odcinków kuli. Jeden odcinek *MN* należy do kuli ze środkiem *o*, drugi odcinek *MN* należy do kuli ze środkiem o_1. Połowa soczewki *Mmn*, utworzona cięciem przez oś oo_1, przypomina pryzmat.

Promień *Sa*, padający na ścianę *Mm* soczewki, wnika w soczewkę i doznaje załamania ku prostopadłéj. Tu łatwiéj wykréślić

prostopadłą, aniżeli w graniastosłupie, gdyż promień kuli *oa* stoi prostopadle na krzywéj ścianie w punkcie *a*. Po załamaniu dąży promień w kierunku *ab*, a wychodząc ze ściany *Mn* w powietrze, łamie się teraz od prostopadłéj, która tu jest promieniem $o_1 b$, i dąży w kierunku bS_1. Drugi promień, idący przez środek soczewki, zwany głównym, nie zmienia swego kierunku po przejściu przez soczewkę; przecina się on z promieniem bS_1 w punkcie S_1 i tworzy tam obraz punktu świécącego.

Fig. 226.



Łatwo sprawdzić zapomocą rysunku, że promienie światła, idące równolegle do osi soczewki, przecinają się w jednym punkcie, zwanym ogniskiem. Odległość ogniska od soczewki zowie się odległością ogniskową.

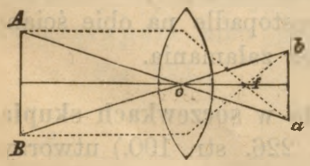
1. Chcąc otrzymać obraz punktu świécącego zapomocą soczewki, musimy promień załamany przeciąć z promieniem głównym. Punkt przecięcia jest szukanym obrazem.

2. Promienie, równoległe do osi soczewki, po przejściu przez soczewkę przecinają się z osią w jednym punkcie, zwanym ogniskiem soczewki.

Oznaczyć obraz, gdy punkt świécący umieścimy: *a)* w środku kuli soczewki, *b)* między środkiem kuli a ogniskiem, *c)* między ogniskiem a soczewką!

II. Aby oznaczyć obraz przedmiotu świécącego w soczewkach skupiających, należy poprowadzić od obu końców *A* i *B* (fig. 227.) przedmiotu świécącego promienie równolegle do osi soczewki, które po załamaniu przejdą przez ognisko *f* i przetną się w punktach *a* i *b* z promieniami głównymi, poprowadzonymi z *A* i *B* przez środek soczewki *o*. Obraz *ab* jest rzeczywisty i mniejszy od przedmiotu.

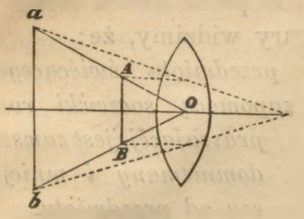
Fig. 227.



Dla dogodności rysunku nie łamiemy promienia (wykropkowanego na fig. 227.) dwa razy, t. j. przy wejściu w soczewkę i wyjściu z niéj, lecz łamiemy go raz wewnątrz soczewki, i prowadzimy go po załamaniu przez ognisko *f*.

Jeżeli przedmiot *AB* (fig. 228.) znajduje się między ogniskiem a soczewką, natenczas po wykréśleniu obrazu według wskazówek, powyżéj podanych, otrzymamy obraz *ab*, większy od przedmiotu i położony za przedmiotem.

Fig. 228.

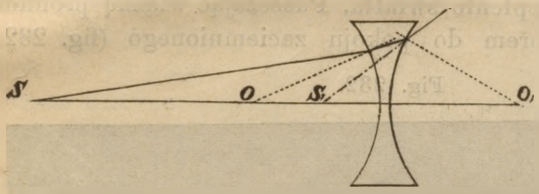


Obraz, otrzymany zapomocą przedłużenia promieni załamanych, zowie się domniemanym.

Umieścić przedmiot na ognisku i wykréślić konstrukcyą obrazu! Co się dzieje z obrazem, jeśli przedmiot ku soczewce zwolna zbliżamy? Podać na podstawie konstrukcyi, kiedy otrzymujemy obraz rzeczywisty a kiedy domniemany? W jakich wypadkach otrzymamy obraz większy od przedmiotu, a kiedy mniejszy? Oznaczyć położenie obrazu, utworzonego zapomocą soczewki płaskowypukłéj i wklęsłowypukłéj!

§. 167. Załamanie promieni światła w soczewkach rozpraszających. I. W soczewce dwuwklęsłéj (fig. 229.) oznaczamy literami O i O_1 środki kul, których odcinki tworzą soczewkę. Promień światła, wychodzący z punktu S, łamie się w soczewce ku prostopadłéj, która tu jest promieniem, poprowadzonym z punktu O. Promień ten, przy wyjściu ze soczewki w powietrze, łamie się od prostopadłéj, która jest promieniem, wykréślonym ze środka O_1 do drugiéj powierzchni krzywéj. Jeśli kierunek promienia, wychodzącego ze soczewki, przedłużymy należycie, natenczas przetnie się on z promieniem głównym SO_1 w punkcie S_1 i utworzy tam obraz punktu świécącego S.

Fig. 229.

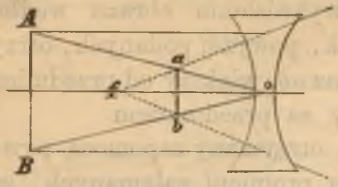


Obraz punktu świécącego, utworzony soczewką rozpraszającą, jest zawsze domniemanym.

Promienie, równoległe do osi, przecinają się po załamaniu w soczewce rozpraszającéj w jednym punkcie, położonym na osi soczewki, a zwanym ogniskiem domniemanem.

II. Aby oznaczyć obraz przedmiotu świécącego w soczewkach rozpraszających, należy poprowadzić od obu końców A i B (fig. 230. str. 192.) przedmiotu świécącego promienie, równoległe do osi soczewki, które po załamaniu i należytém prze-

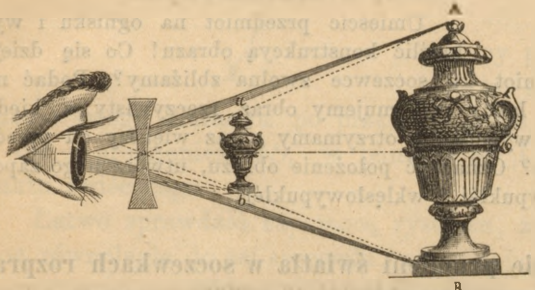
Fig. 230.



dłużeniu przejdą przez ognisko *f* i przetną się w punktach *a* i *b* z promieniami głównymi, poprowadzonymi z *A* i *B* przez środek soczewki *o*. Z figury widzimy, że:

Obraz przedmiotu świécącego, utworzony zapomocą soczewki rozpraszającéj, jest zawsze domniemany i mniejszy od przedmiotu.

Fig. 231.

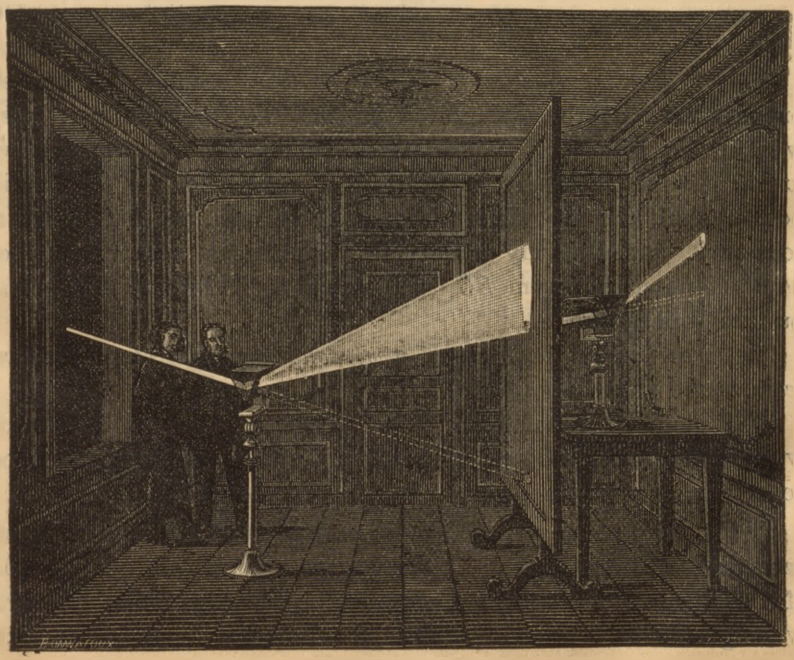


Patrząc się przez soczewkę dwuwklęsłą (fig. 231.) na urnę *AB*, ujrzymy jéj obraz *ab*, znacznie do oka przybliżony i mniejszy od saméj urny.

Oznaczyć konstrukcyą, o ile wpływa na obraz zbliżenie przedmiotu do soczewki rozpraszającéj lub oddalenie go od niéj?

§. 168. Rozszczepienie światła. Puszczając wiązkę promieni światła wąskim otworem do pokoju zaciemnionego (fig. 232.),

Fig. 232.



spostrzeżemy na zasłonce, ustawionéj naprzeciw otworu, obrazek barwy białéj. W chwili jednak, kiedy tuż przy szczelinie umieścimy graniastosłup optyczny, kątem łamiącym na dół zwrócony, wystąpi, zamiast świetlnego obrazka białego, (oznaczonego na figurze liniami kropkowanymi), podłużny pasek, wyżéj przesunięty, o zaokrąglonych końcach i o rozmaitém zabarwieniu. Porządek tych barw, przechodzących zwolna jedna w drugą, jest, od dołu począwszy, następujący: czerwona barwa, pomarańczowa, żółta, zielona, niebieska i fiołkowa. Pasek ten barwny nazywa się widmem słonecznem.

Jeśli teraz zrobimy na zasłonce mały otwór tam, gdzie pada barwa czerwona, i w kierunku owych promieni czerwonych, przepuszczonych w ten sposób na drugą stronę zasłonki, umieścimy drugi graniastosłup, to spostrzeżemy, że promienie czerwone doznają załamania, gdyż obrazek pada na ścianę znacznie wyżéj od owego miejsca, na którém tworzył się czerwony obrazek, kiedy jeszcze nie było drugiego graniastosłupa. Promienie czerwone po załamaniu w drugim graniastosłupie zatrzymują i nadal barwę czerwoną.

Jeśli zrobimy otwór w zasłonie na owém miejscu, na które pada barwa żółta, i załamiemy przepuszczone promienie żółte drugim graniastosłupem, to przekonamy się, że promienie żółte zostały mocniéj załamane, niż promienie czerwone, gdyż obrazek padnie teraz jeszcze wyżéj. Promienie fiołkowe, załamane w podobny sposób za zasłonką, utworzą obraz aż na suficie, a zatém łamią się mocniéj, niż wszystkie poprzedzające barwne promienie.

Gdy ustawimy za pierwszym graniastosłupem soczewkę skupiającą, to otrzymamy na ściance ponownie pasek biały.

Z tych doświadczeń wynika, że:

1. Światło białe składa się z bardzo wielkiéj ilości promieni, rozmaicie zabarwionych, które, idąc równolegle i bardzo blisko siebie, sprawiają w oku wypadkowe wrażenie światła białego.

2. Promienie, rozmaicie zabarwione, doznają rozmaitego odchylenia w graniastosłupie; idąc zatém równolegle w świetle białém, rozszczepiają się po przejściu przez pryzmat optyczny. Promienie barwy czerwonéj są najmniéj łamliwe, zaś promienie barwy fiołkowéj najbardziéj łamliwe.

3. Barwy widmowe są pojedyńcze czyli proste, gdyż nie doznają rozszczepienia po przejściu ponownem przez drugi graniastosłup optyczny; światło białe jest natomiast światłem złożonem.

Jeśli na krążku papierowym pomalujemy sześć wycinków barwami, podobnymi do widmowych, w takim porządku, w jakim następują po sobie na widmie słonecznem, i krążek wprawimy w szybki ruch obrotowy naokoło osi pionowéj i prostopadłéj do krążka, to pomalowana powierzchnia krążka okaże się nam białą. Dlaczego?

Rozszczepienie występuje także przy załamaniu promieni światła białego w soczewkach. Soczewka posiada bowiem dla promieni każdéj barwy, w świetle białém zawartéj, osobne ogniska, przyczém ognisko barwy czerwonéj jest bardziéj od soczewki oddalone, aniżeli ognisko barwy fiołkowéj. Obrazy wszelkich przedmiotów, świécących światłem białém, są tylko we środku białe i wyraźne, gdyż tam mieszają się zupełnie wszystkie barwy widmowe, po brzegach zaś obrazu nie mieszają się wszystkie barwy i tworzą w około smugi tęczowe. Niedogodność tę można usunąć złożeniem dwóch soczewek: zbierającéj z krownglasu i rozpraszającéj z flintglasu. Soczewka z flintglasu niszczy niemal zupełnie rozszczepienie, uzyskane w soczewce z krownglasu, a osłabia tylko nieznacznie załamanie promieni. Soczewki takie zowiemy także niebarwiącymi albo achromatycznymi.

Przyrządy optyczne powinny posiadać tylko achromatyczne soczewki.

Jeśli złożymy dwa graniastosłupy w odwrotnych położeniach, jeden z krownglasu a drugi z flintglasu, mający dwa razy mniejszy kąt łamiący od kąta pierwszego pryzmatu, otrzymamy pryzmat achromatyczny, w którym promień łamie się bez rozszczepienia.

§. 169. Mieszanie barw. Jeśli zapomocą soczewki skupiającéj połączymy kilka barw widmowych, wtedy powstanie barwa wypadkowa złożona. Wypadkowa barwa z pięciu barw widmowych, połączona ze szóstą barwą widmową, daje ostatecznie barwę białą. Barwy, które zmieszane ze sobą tworzą barwę białą, nazywamy barwami dopełniającymi. Barwa czerwona i zielona, pomarańczowa i niebieska, żółta i fiołkowa dopełniają się do barwy białéj.

Ciała, które odbijają od swéj powierzchni wszystkie barwy, zawarte w świetle słonecznem, okazują się nam jako białe, zaś te ciała, które chłoną wszystkie barwy światła słonecznego, okazują się nam jako czarne.

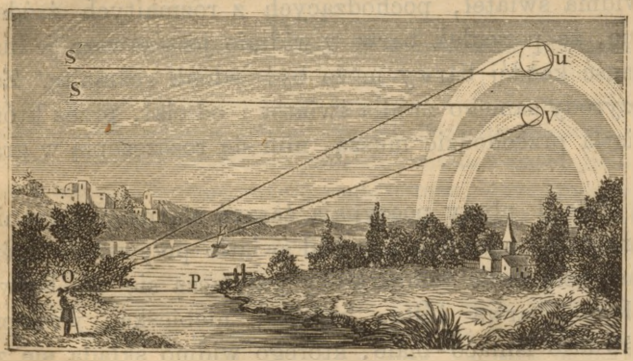
Jeśli jakieś ciało odbija pewne barwy, zawarte w świetle słonecznem, a inne chłonie, natenczas pojawia się nam w zabarwieniu wypadkowém z owych barw, które zostały odbite.

Ciała przezroczyste, które przepuszczają wszystkie barwy światła słonecznego, nazywają się wodojasne; zaś te ciała przezroczyste, które chłoną niektóre barwy, a inne przepuszczają, przedstawiają się jako barwne. Przepuszczona barwa jest mieszaniną tych barwnych promieni, które nie zostały pochłonione. Szkła niebieskie, zielone, czerwone i t. d.

Para wodna, mocno zgęszczona, przepuszcza barwę czerwoną, a chłonie wszystkie inne barwy światła słonecznego, stąd zarumienienie nieba podczas wschodu i zachodu słońca.

§. 170. Tęcza. W skutek załamania i rozszczepienia promieni światła w kropelkach chmury deszczowéj, pojawia się na niebie łuk barwny, nazywany tęczą. Łuk ten barwny zawiéra wszystkie kolory widma słonecznego, przyczém brzeg górny, czyli wypukły, jest czerwony, dolny zaś fiołkowy. Często pojawia się prócz tęczy głównéj drugi, nierównie szérszy pas, wyżéj położony od piérwszego, z barwami bledszymi i ułożonymi w odwrotnym porządku, zwany tęczą poboczną.

Fig. 233.



Chcąc wytłómaczyć zjawisko tęczy głównéj, wyobraźmy sobie bańkę wodną *V* (fig. 233.), na rysunku znacznie powiększoną, na którą pada promień słoneczny *S*. Promień ten, wchodząc w bańkę wodną, doznaje załamania ku prostopadłéj, dąży następnie do ściany naprzeciwległéj, a po odbiciu się od niéj, występuje dołem z bańki, doznając powtórnego załamania, lecz teraz już od prostopadłéj, przyczém, jak wiadomo, rozszczepia się na barwy tęczowe. Jedna z barw tęczowych, np. czerwona, dostaje się do oka *O* widza, stojącego naprzeciw chmury. Od drugiego promienia słonecznego, padającego na bańkę wodną pod innym kątem, dostanie się do oka widza inna barwa, np. niebieska i t. d.

*

Jak z figury widzimy, powstaje tęcza główna wtedy, gdy promień słoneczny pada na górną część bańki wodnéj, a wychodzi po ostatniém załamaniu dołem téjsamej bańki.

Jeżeli promień słoneczny *S* padnie na dolną część bańki wodnéj *u*, natenczas łamie się ku prostopadłéj, następnie odbija się od ściany wewnątrz bańki dwa razy, a występując z bańki łamie się od prostopadłéj i dostaje się rozszczepiony do oka widza. Szereg innych baniek, na które padają promienie słoneczne pod innymi kątami, doprowadza do oka kolejno wszystkie barwy widmowe, lecz w porządku odwrotnym, niż u tęczy głównéj, i tworzy w ten sposób tęczę poboczną.

Podczas załamywania się światła w takich bańkach część światła odbija się, lecz nie dochodzi do oka naszego; podobnie podczas odbijania się promieni wewnątrz bańki część światła łamie się i występuje z bańki, lecz nie dostaje się już do oka naszego. Dlatego barwy tęczowe są znacznie bledsze od barw widmowych, szczególniéj u tęczy pobocznéj, tu bowiem promień odbija się i łamie dwa razy ze stratą mocy światła.

Tęcza poboczna jawi się na niebie nad tęczą główną. Kiedy nie ma tęczy pobocznéj, a widzimy tylko tęczę główną?

§. 171. Widmo światła, pochodzącego z ciał rozżarzonych. Patrząc na widma świateł, pochodzących z rozmaitych źródeł, przekonamy się, że porządek barw w widmie jest zawsze jednakowy; obszerność każdéj barwy może być jednak rozmaitą. Zależy to od przyrody samego źródła światła i od ciał, przez które promienie światła przechodzić muszą, nim się rozszczepią w graniastosłupie.

I. Ciała stałe i płyny poczynają żarzyć się przy ogrzaniu na 550° C., przyczém wysyłają naprzód światło przeważnie czerwone. Podczas wzrastania temperatury przyłącza się do barwy czerwonéj kolejno barwa żółta, zielona, niebieska, wreszcie wysyła ciało światło lśniąco-białe, którego widmo składa się ze wszystkich 6 barw, tworząc nieprzerwane przejście odcieni jednéj barwy w drugą.

Widma żarzących się ciał stałych i płynów są jednostajne i pełne.

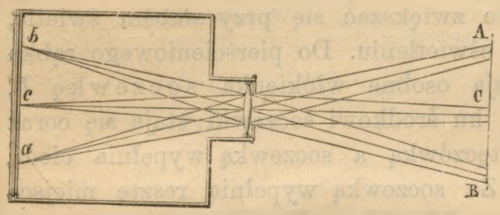
II. Wprowadzając pierwiastek jakiś lub jego połączenie w blado świecący płomyk wyskokowy, wytworzymy parę tego ciała, która w stanie rozżarzenia wysyła promienie światła pewnéj barwy. Tak np. sól kuchenna *(NaCl)* zabarwia płomyk na żółto, wysyłając promienie proste (niezłożone), które po rozszczepieniu w graniastosłupie dają widmo ciemne z dwiema liniami żółtymi, bardzo blisko siebie położonymi.

Pary rozżarzone dają widmo poprzerywane, składające się z kilku linii jasnych, o pewném, dla każdego ciała stałém, zabarwieniu.

Mając podane linie i ich położenie dla każdego ciała, łatwo następnie oznaczyć obecność jakiegoś ciała, żarzącego się w płomyku. (Analiza spektralna). Ten sposób oznaczenia chemicznego ciał jest czasami bardzo dogodny, gdyż bardzo małe ilości pierwiastka, rozżarzonego w płomyku, dają już bardzo wyraźne linie po rozszczepieniu w graniastosłupie.

§. 172. Ciemnia optyczna jest to pudło drewniane z otworem, w którym umieszczamy soczewkę skupiającą (fig. 234.).

Fig. 234.

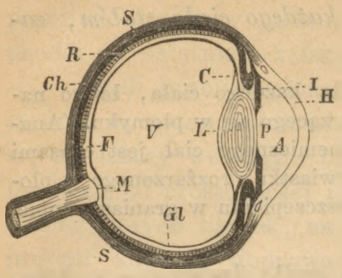


Promienie światła, wychodzące z przedmiotu świecącego lub oświetlonego *AB*, łamią się w soczewce i tworzą, jak wiadomo, obraz *ab* za soczewką. Obraz ten możemy obserwować na tafli szklanéj matowéj, tworzącéj jednę ścianę ciemni optycznéj.

Ciemni optycznéj używają do wytwarzania pomniejszonych obrazów pięknych okolic i przy rysowaniu krajobrazów; najważniejsze usługi oddaje ona we fotografii. Umieszczając bowiem w ciemni optycznéj na miejscu tafli matowéj płytkę szklaną, powleczoną chemicznym preparatem (z jodu i srébra), możemy wywołać działaniem promieni światła związek jodku srébra i utworzyć w ten sposób obraz, zwany negatywnym, gdyż jasne partye przedmiotu są na owym obrazku ciemne, i odwrotnie. Obrazek negatywny, stosownym odczynnikiem utrwalony, pokrywamy papierem, powleczonym azotanem srébrowym, i wystawiamy na działanie promieni słonecznych. Natenczas promienie światła, przedzierając się przez jasne miejsca obrazka negatywnego, zaczernią papier preparowany, zaś te, które są powstrzymane ciemną częścią obrazka, pozostawią papier biały niezmieniony. W ten sposób powstanie na papierze obrazek (pozytywny), zgodny w rozkładzie światła i cienia z przedmiotem fotografowanym. Obrazki papierowe należy jeszcze utrwalić zapomocą podsiarczynu sodowego, aby nie ulegały zmianie na świetle słonecznem.

§. 173. Oko ludzkie jest ciemnią optyczną, wytwarzającą obraz na błonce, pokrytéj nerwami, czułymi na działanie promieni świetlnych. W jamie ocznéj, wyścielonéj tłuszczem, znajduje się okrągła torebka, czyli takzwana gałka oczna, która zapomocą sześciu mięśni w rozmaite strony obracać się może. Gałkę oczną otacza biała nieprzezroczysta błona (twardówka)

Fig. 235.

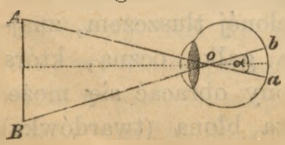


SS (fig. 235.), która przechodzi na przedzie w przezroczystą rogówkę *H*. Pod twardówką rozpościéra się naczyniówka *Ch*, złożona z delikatnych żyłek, a powleczona wewnątrz czarną materyą, służącą do chłonienia światła, nie biorącego udziału w działaniu na nerw oka. Pod rogówką przechodzi naczyniówka w pierścieniowe zgrubienie *C*, z którego wybiega błona zabarwiona *J*, zwana tęczówką. W tęczówce znajduje się źrenica *p*; jestto otwór, który zapomocą mięśni, czynnych w tęczówce, może mimowolnie zwiększać się przy słabém świetle, lub zwężać przy mocném oświetleniu. Do pierścieniowego rąbka naczyniówki przytwierdzają osobne włókienka soczewkę *L*, wypełnioną cieczą, która ku środkowi soczewki staje się coraz gęstszą. Miejsce między tęczówką a soczewką wypełnia ciecz, nieco gęstsza od wody. Za soczewką wypełnia resztę miejsca ciecz *V*, zwana ciałem szklistém. Na naczyniówce rozpościéra się błona *R*, utkana z niteczek nerwowych, także siatkówką zwana. Niteczki te zbiérają się w coraz to grubsze włókna i uchodzą wreszcie otworem bocznym *M*, jako nerw wzrokowy, do mózgu. Kończyny nerwów na siatkówce wybiegają w słupki o grubości zaledwo $0{,}005$ $^{m}/_{m}$, ustawione prostopadle jeden przy drugim.

Doświadczenia wykazują, że wrażenie pewne trwa niezmiennie na siatkówce przez czas $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{10}$ sekundy, a jeśli przed upływem tego czasu dostanie się do oka inne pobudzenie, natenczas zléwają się oba wrażenia w jedno wypadkowe, czego mieliśmy dowód na krążku z 6-ciu barwnymi wycinkami, który wirując, pojawiał się nam jako biały. Na téj własności nerwu ocznego opiéra się urządzenie stroboskopu, taumatropu i t. d. Aby zatém oko mogło dokładnie wyróżnić wrażenia, po sobie następujące, należy je wywoływać w oku w odstępach czasu co najmniéj $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{10}$ sekundy.

§. 174. Stosowanie oka. Do dokładnego widzenia przedmiotu niezbędną jest rzeczą, aby obraz przedmiotu *AB* (fig. 236.), utworzony przecięciem załamanych w oku promieni, padł na siatkówkę *ab*. Gdyby płyny, zawarte w oku, łamały zawsze jednakowo promienie światła, natenczas powstawałby obraz na siatkówce tylko

Fig. 236.



przy pewném stałém oddaleniu prrzedmiotów od oka. Doświadczenie wszakże uczy, że oko szczególną posiada własność stosowania się do przedmiotów, ustawionych w rozmaitéj odległości. Wskutek odpowiednich nacisków na ciecze, w oku zawarte, zmienia się ich siła łamiąca: przedewszystkiém soczewka oczna staje się dla przedmiotów znacznie oddalonych bardziéj płaską, dla przedmiotów bliskich więcéj wypukłą. Oko zdrowe zdoła stosować się, od 25 $^c/_m$ począwszy, do bardzo znacznéj odległości. Odległość (około 45 $^c/_m$), z jakiéj zdrowe oko najlepiéj widzi, zowie się odległością wyraźnego widzenia.

Fig. 237.

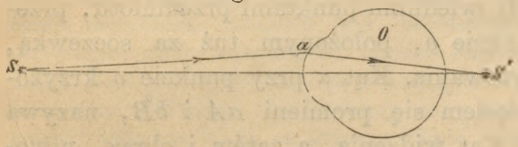


Fig. 238.

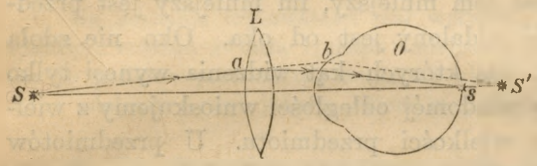


Fig. 239.

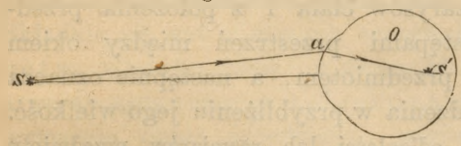
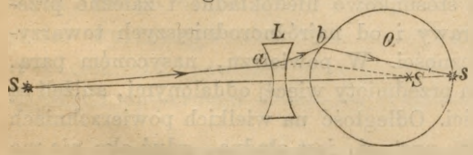


Fig. 240.



Osoby, widzące dobrze z odległości większéj, aniżeli 45 $^c/_m$, zowią się dalekowidzące. U nich tworzą się obrazy S' (fig. 237.), już za siatkówką, jeżeli przedmiot S jest od oka oddalony na 45 $^c/_m$. Dlatego odsuwają przedmiot, aby zebrać na siatkówkę promienie załamane; u nich bowiem soczewka oczna łamie za mało promienie światła. Niedogodność dalekowidzenia usuwa się zapomocą soczewki skupiającéj L (fig. 238.), ustawionéj przed okiem, która łamie promień Sa i pozwala mu po załamaniu powtórném w oku utworzyć na siatkówce obraz s.

U osób krótkowidzących tworzy się obraz S' przed siatkówką (fig. 239.), gdy przedmiot oddalony jest od oka na 45 $^c/_m$ lub więcéj $^c/_m$. Ustawiając przed okiem soczewkę rozpraszającą L (fig. 240.), odchylamy promień Sa tak, że pada do oka w kierunku ab, a ten, pc załamaniu w oku, przecina się z promieniem głównym w punkcie s, leżącym na siatkówce.

Przy używaniu okularów (soczewek) należy uważać na to: 1) aby szkła nie miały bardzo małéj ogniskowéj; 2) aby w razie istotnéj potrzeby okularów, zawsze ich używać, gdyż patrząc raz przez okulary, drugi raz wolném okiem, osłabia się bardziéj wzrok wskutek zbytecznego natężenia; 3) należy unikać używania monoklów.

U osób wiekowych spłaszcza się nieco soczewka oczna, stąd dalekowidzenie; w młodszym wieku soczewka oczna, posiadając często znaczny zapas cieczy, jest bardziéj wypukłą — stąd krótkowidzenie. Najczęściéj

jednak przyczyną krótkowidzenia jest przyzwyczajenie, nabyte podczas czytania z bliska pism drobnych i słabo oświetlonych.

§. 175. Oko ocenia oddalenie i wielkość przedmiotu świecącego. Z pobudzenia, jakiego doznaje nerw oczny od obrazów, padających na siatkówkę, przychodzimy do świadomości, że przed nami znajduje się jakiś przedmiot świecący i że go widzimy. Nerw wzroku odnosi wrażenia w kierunku prostolinijnym za promieniem światła i wytwarza pojęcie o przedmiocie w prawdziwéj jego postawie, jakkolwiek obrazek ciała na siatkówce jest przewrócony. Linie proste aA i bB (fig. 236.), łączące punkty obrazu na siatkówce z odpowiednimi punktami przedmiotu, przecinają się w jednym punkcie o, położonym tuż za soczewką, a zwanym punktem krzyżowania. Kąt α przy punkcie o krzyżowania, utworzony przecięciem się promieni aA i bB, nazywa się kątem widzenia. Kąt widzenia, a zatém i obraz, utworzony na siatkówce, jest tém mniejszy, im mniejszy jest przedmiot, albo im bardziéj oddalony jest od oka. Oko nie zdoła rozpoznać przedmiotów, dla których kąt widzenia wynosi tylko kilkanaście minut. Przy wiadomėj odległości wnioskujemy z wielkości kąta widzenia o wielkości przedmiotu. U przedmiotów bardziéj oddalonych ocenia się naprzód odległość ze stopnia oświetlenia, z wyrazistości zarysów ciała i z położenia przedmiotów, wypełniających odstępami przestrzeń między okiem a uważanym przedmiotem, a następnie oznacza się z kąta widzenia w przybliżeniu jego wielkość.

Fig. 241.

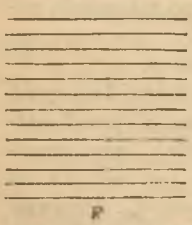
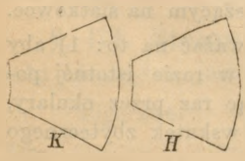


Fig. 242.



Ocenienie odległości lub rozmiarów przedmiotu będzie zawsze stosunkowo niedokładne i zależne przeważnie od wprawy i od najróżnorodniejszych towarzyszących okoliczności. W powietrzu, nasyconém parą, wydają się nam przedmioty więcéj oddalonymi, aniżeli są w rzeczywistości. Odległość na wielkich powierzchniach wód, na stepie, pustyni, jest złudna, gdyż oko nie ma oparcia na całéj przestrzeni, sięgającéj aż do przedmiotu. Często wpływa na zmylenie sądu oka naszego tło, na którém się przedmiot pojawia, lub sąsiedztwo z innymi przedmiotami szczególniejszego kształtu. Np. kwadrat (fig. 241.) wydaje się nam prostokątem, a figura K (fig. 242.), większą od H, jakkolwiek w rzeczywistości obie przystają do siebie.

§. 176. Patrzenie dwojgiem oczu. Patrząc się obu oczyma na jakiś przedmiot, zwracamy oczy ku temu przedmiotowi,

to znaczy, skręcamy obie gałki oczne tak, aby obrazy, utworzone w obu oczach, padały na tesame miejsca każdéj siatkówki. Wskutek tego nerwy obu siatkówek bywają jednakowo podrażnione, a jednakowy sposób pobudzania nerwów w obu oczach jest powodem, że do naszéj świadomości dostaje się wyobrażenie jednego przedmiotu, że zatém obu oczyma widzimy przedmiot pojedyńczo.

Po bacznem jednak przypatrzeniu się obrazom, położonym na obu siatkówkach, przekonamy się, że na obrazku w prawém oku jest więcéj szczegółów uwydatnionych z prawéj strony przedmiotu, w lewém zaś oku więcéj szczegółów z lewéj strony owego przedmiotu, że zatém na obu siatkówkach powstają obrazy niezupełnie jednakowe, które się atoli wzajemnie dopełniają. Skutkiem tego przedstawiają się nam przedmioty we wszystkich trzech wymiarach, chociaż obrazek na siatkówce jest figurą płaską. Jeśli patrzymy na dwa obrazki, tak wyglądające, jak je na obu siatkówkach widzimy, to złudzimy oczy nasze i wywołamy stereometryczne widzenie ciała, z którego zdjęto oba obrazki. Stereoskopy. Panorama.

Na poznanie bryłowatości ciał wpływają jeszcze następujące okoliczności: rozkład światła i cienia, niejednakowy stopień stosowania się oka do punktów przedmiotu, mniéj lub więcéj odległych; dla téj to przyczyny zdołamy nawet jedném okiem rozpoznać bryłowatości ciał.

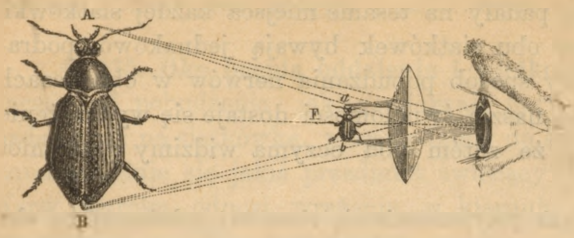
§. 177. Narzędzia optyczne służą do wyraźnego widzenia przedmiotów, bardzo drobnych, albo od widza bardzo oddalonych. Składają się one z samych soczewek, jak mikroskopy i lunety, albo po części z soczewek, po części ze zwierciadeł, a wtedy nazywamy je teleskopami. Ta część przyrządu, która wytwarza obraz przedmiotu, zowie się szkłem przedmiotowém, druga część główna przyrządu, ustawiająca obraz w odległości wyraźnego widzenia, nazywa się szkłem ocznem.

Oba szkła powinny wytwarzać obrazy wyraźne i bezbarwne. Dobroć przyrządu optycznego ocenia się z wyrazistości i obszerności obrazu.

§. 178. Mikroskopy (drobnowidy) służą do powiększenia kąta widzenia dla bardzo drobnych i bliskich przedmiotów, zapomocą obrazu, odpowiednio powiększonego. Rozróżniamy mikroskopy proste i złożone.

1. *Mikroskop prosty* składa się ze soczewki z ogniskową, wynoszącą najwięcéj 26 $^{m}/_{m}$, a zatém znacznie mniejszą, niż odległość wyraźnego widzenia. Soczewkę tę stawia się w takiéj odległości od przedmiotu *ab* (fig. 243. str. 202.), ażeby obraz utworzony *AB* padł po téjsamej stronie soczewki, ale w odległości wyraźnego widzenia.

Fig. 243.



Pochód promieni przez soczewkę i wytworzenie obrazu opiéra się na §. 167. fig. 227.

2. *Mikroskop złożony* najprostszéj budowy składa się ze szkła przedmiotowego M i ze szkła ocznego N. Przed soczewką przedmiotową M (fig. 244.) stawiam przedmiot AB, w takiéj odległości, aby obraz ab powstał za soczewką M. Na ten obraz ab patrzę przez szkło oczne N, które nie jest niczém innem, jak mikroskopem prostym, tworzy ono bowiem obraz A_1B_1, znacznie powiększony, w odległości wyraźnego widzenia.

Fig. 244.

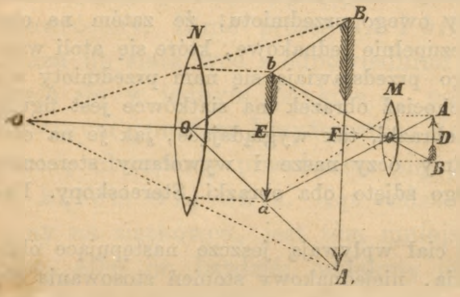
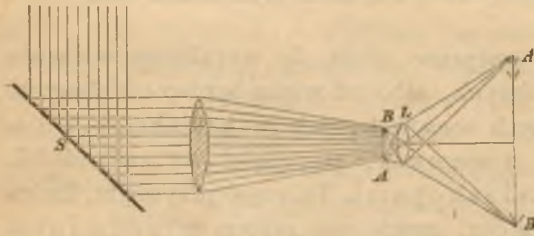
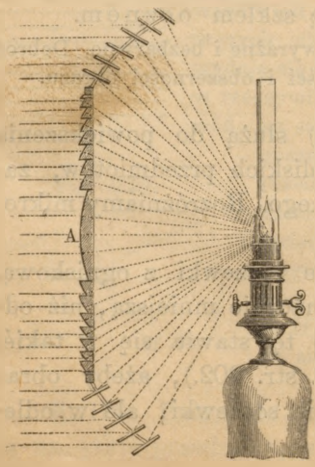


Fig. 245.



3. *Mikroskop projekcyjny* przypomina budową swą ciemnię optyczną, a służy do tego, aby kilka osób mogło równocześnie widzieć obraz powiększony danego przedmiotu. Promienie światła, skierowane do ciemnego pokoju zapomocą heliostatu S (fig. 245.), zbiéram soczewką skupiającą i oświetlam nimi drobny przedmiot przezroczysty AB. Promienie te, po załamaniu w soczewce L, tworzą obraz A_1B_1, rzeczywisty, przewrócony i powiększony, który na ściance płócienniéj lub papiérowéj kilkadziesiąt osób może równocześnie obserwować.

Fig. 246.



W mikroskopach słonecznych oświetlamy przedmioty promieniami słonecznymi;

w latarniach magicznych, scioptikonach i t. d. oświetlamy przedmioty światłem elektrycznem, światłem Drumonda, wreszcie zwykłem światłem lamp naftowych lub olejnych. Rozproszone promienie światła kierujemy na przedmiot zapomocą zwierciadeł wklęsłych (§. 162.4.), albo zapomocą systemu soczewek i zwierciadeł płaskich (fig. 246. str. 202.).

§. 179. Lunety, złożone z samych tylko soczewek, jak i te, które zawierają soczewki i zwierciadła (teleskopy), powiększają sztucznie mały kąt widzenia dla przedmiotów bardzo oddalonych, zapomocą obrazów, położonych blisko oka.

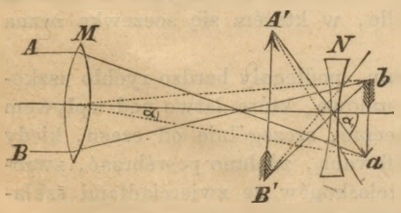
1. *Luneta astronomiczna.* Promienie światła, wychodzące od przedmiotu bardzo odległego, padają prawie równolegle na szkło przedmiotowe i tworzą obraz prawie w ognisku téj soczewki, który, zapomocą ruchomego szkła ocznego powiększony, pojawia się w odległości wyraźnego widzenia.

Pochód promieni i konstrukcya obrazów odbywa się zupełnie tak, jak w mikroskopie złożonym!

2. *Luneta ziemska.* Patrząc na przedmioty lunetą astronomiczną, widzimy obrazy przewrócone, które nie sprawiają żadnéj niedogodności podczas obserwacyi ciał niebieskich. Luneta ziemska ma wytwarzać obrazy przedmiotów, stojące prosto; dlatego szkło oczne nie jest, jak u lunety astronomicznéj, mikroskopem prostym, lecz składa się z dwóch soczewek, działających podobnie, jak mikroskop złożony, z tą tylko różnicą, że szkło przedmiotowe tego mikroskopu ma większą ogniskową i ustawia się w takiém oddaleniu od drugiéj soczewki, aby spowodować tylko nieznaczne powiększenie obrazu, teraz prosto stojącego.

3. *Luneta Galileusza* składa się ze szkła przedmiotowego *M* i ocznego *N* (fig. 247.). Nim promienie, załamane w soczewce przedmiotowéj, utworzą obraz *ab*, napotykają szkło oczne, soczewkę dwuwklęsłą, która, rozchylając bardziéj promienie, padające na nią, wytwarza obraz domniemany prosty *A'B'*, ustawiony w odległości wyraźnego widzenia.

Fig. 247.



Dla krótkowidzących można ustawić utworzony obraz w odległości wyraźnego widzenia zapomocą zsunięcia rurki, a témsamém zbliżenia do siebie obu szkieł lunety. Perspektywy teatralne, polowe, binokle i t. d.

§. 180. Teleskopy mają zamiast soczewki przedmiotowéj, chłonącéj znaczną ilość światła, zwierciadło wklęsłe, dające rze-

czywisty obraz przedmiotu, który się powiększa następnie zapomocą szkła ocznego i ustawia w odległości wyraźnego widzenia.

1. *Teleskop Newtona.* Promienie, odbite od zwierciadła wklęsłego *N* (fig. 248.), padają na zwierciadło płaskie *n*, nachylone do osi teleskopu pod kątem 45°, które tworzy obraz *ab*, a oko, patrząc przez soczewkę *O*, widzi w odległości wyraźnego widzenia obraz *A'B'*, powiększony i prostopadły do naturalnego położenia przedmiotu.

Fig. 248.

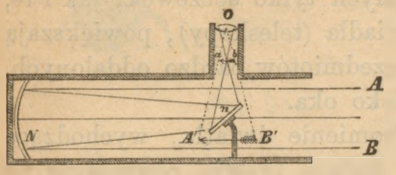
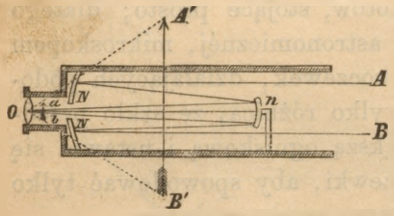


Fig. 249.

2. *W teleskopie Herschla* (fig. 249.) zwierciadło wklęsłe *N* jest nachylone do osi lunety i daje obraz *ab* w pobliżu szkła ocznego, które następnie powiększa go na *A'B'* i ustawia w odległości wyraźnego widzenia.

Fig. 250.



3. *W teleskopie Gregoryego* padają promienie na zwierciadło wklęsłe *NN* (fig. 250.), następnie odbijają się po raz wtóry od zwierciadła *n* i tworzą obraz rzeczywisty *ab*. Obraz ten doznaje powiększenia *A'B'* zapomocą soczewki ocznéj *O*, umieszczonéj w otworze zwierciadła *NN*.

Teleskop Gregoryego posiada tę niedogodność, iż promienie środkowe, padające na zwierciadło *NN*, nie mogą być czynne z powodu otworu, wykrojonego w tém zwierciedle, w którém się soczewka oczna znajduje.

Teleskopy, kosztowne w urządzeniu, podlegały bardzo rychło uszkodzeniom, a szczególnie zwierciadła metalowe, które łatwo pod wpływem zmian atmosferycznych rdzewiały. Obecnie, szczególnie od czasu, kiedy powierzchnię szklaną, dokładnie wyszlifowaną, zdołano posrébrzać, zwrócono się znowu do budowy wielkich teleskopów ze zwierciadłami szklanymi, które dają obrazy zupełnie achromatyczne i bardzo jasne.

BIBLIOTEKA
KONIEC.
Szkoły Pedagog.
W KRAKOWIE

UP - Kraków BG
1050161370
EX LIBRIS
UP Muzeum Rodownictwa