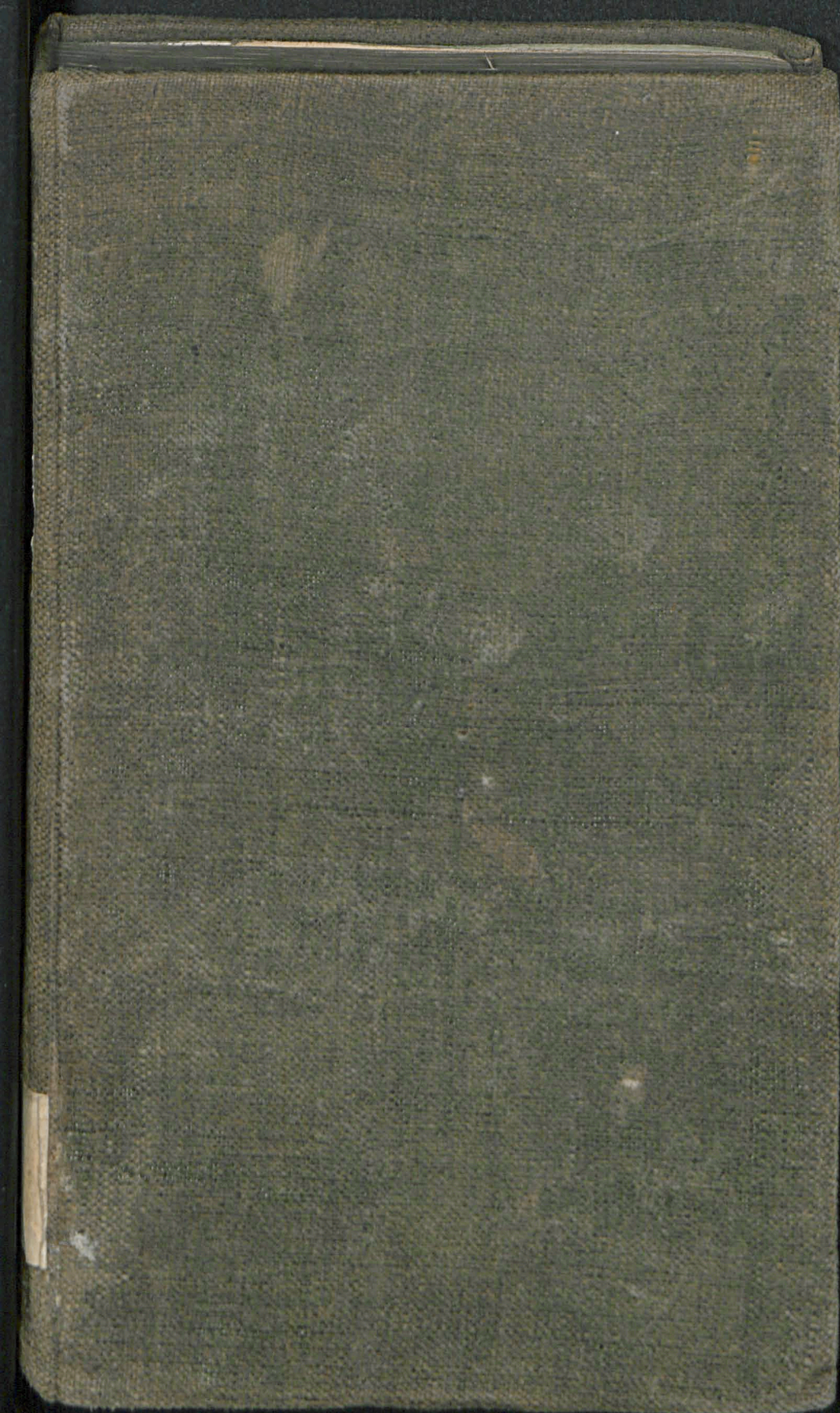




POCZĄTEK



FIZYKI 1545

przez

Andrzeja Radwańskiego

Professora Fizyki w Gimnazyum Gubernialnem
Warszawskiem i w Kursach Dodatkowych,
Magistra Filozofii, Członka Komitetu
Examinacyjnego.

Cena Złp. 8.



Warszawa.

NAKŁADEM GUSTAWA SENNEWALD.
PRZY ULICY MIODOWEJ No. 481

1839.



2321

DR. J.
5221

Za pozwoleniem Cenzury Rządowej.

S P I S

PRZEDMIOTÓW GŁÓWNIJSZYCH.

W S T Ę P.

Własności powszechne i ogólne 4.

Podzielność 4 — Dziurkowatość 7 — Ścisłość 9 — Sprężystość 11 — Rozszerzalność 14 — Krystaliczność 15 — Wytrzymałość 16 — Twardość 18 — Ciągłość 19 — Giętkość 20.

Bezwładność 21.

Przeszkody w biegach 22 — Rozlewanie się siły w ciałach 24 — Ilość ruchu 24 — Podział sił i biegów 25 — Bieg iednostajny 26 — Bieg przyspieszony 27 — Skład i rozkład sił 29.

Ciała stałe 32.

Kierunek działania ciężkości 32 — Ciężkość jest siłą nieustającą 33 — i iednostajną 33 — Środek ciężkości 34 — Ciężar i masa 35 — Ciężar gat. i gęstość 36 — Czem jest cięż. gat. 36 — Drag 37 — Blok 39 — Waga 39 — Spadanie pionowe 41 — Bieg wahadłowy 43 — Użytki wahadła 47 — Bieg paraboliczny 49 — Kołowy i wirowy 50. —

Płyyny 53.

Prawo Paskala 54 — Warunki równowagi płynów 56 — Rurki spólnujące 58 — Włoskowate 59 — Ciężnienie cieczy w naczyaniach 60 — Wylewanie się płynów 63. —

Atmosfera 64.

Podnoszenie się cieczy w rurkach pustych 65 — Barometry 67 — Prawo Mariotta 73 — Ubywanie gęstości atmosfery 80 — Jój wysokość 82 — Machiny, których budowa polega na ciężeniu atmosfery 82 — Machiny, których budowa polega na prężeniu powietrza 89. —

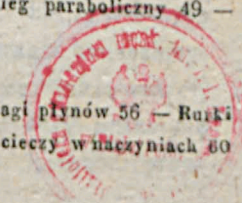
Prawo Archimiedesa 97.

Dochodzenie objętości ciał 101 — Dochodzenie gęstości 101 — Eżytek z ciężaru gat. ciał 107 — Areometry 107. —

Akustyka 114.

W próżni nie masz głosu 115 — Prędkość głosu 116 — Co jest drganie 117 — Drganie wydaie fale 118 — Liczenie drgań 123 — Mierzenie fal 125 — Głos słyszalny 125 — Tony 126 — Moc

Dzięk. 10
Znak 310
24 mar. 2698



głosu 126 — Drganie strun 127 — Drganie powietrza w piszczałkach 129 — Instrumenta muzyczne 130 — Osłabianie się głosu z odległością 131 — Odbijanie się głosu 132. —

O ISTOTACH NIEWAZKICH W OGÓLNOŚCI 136.

OPTYKA 139.

O rozchodzeniu się światła 139 — Katoptryka 148 — Dyoptryka 166 — Chromatyka 179 — Inne fenomena światła 189 — Instrumenta optyczne 194 — Meteory optyczne 212.

CIEPLIK 217.

Wstęp 217 — Termometry 220 — Rozszerzalność 234 — Przemiana skupienia ciał 250 — Pary i *hygrometrya* 268 — Ciepłik promienisty 281 — Ciepłik utajony 290 — Źródła ciepła i zimna 301 — Meteory wodne 307.

ELEKTRYCZNOŚĆ.

Elektryczność w spoczynku 314 — Galwanizm 351 — Magnetyzm 474 — Elektromagnetyzm 386.



POCZĄTKI FIZYKI

W S T U P

1. Przedmiot i podział Fizyki. Fizyka dzieli się na dwie części: w pierwszej jest mowa o ciałach *ciężkich* w ogólności, w drugiej o tak zwanych istotach *nieważkich*: Świetle, Ciepłiku, i Elektryczności. Pierwsza stanowi *Ogólną*, druga *Szczególną* czyli *Właściwą Fizykę*.

2. Znaczenie wyrazu *ciało*. W mowie potocznej ciałem nazywamy tylko ciało ludzkie, w Fizyce zaś tym imieniem nie tylko ciała zwierzęce oznaczamy, ale nadto wszystkie rzeczy nie żyjące, takie nawet, które podobnie jak powietrze, pod oczy nasze nie podpadają, o których iednakże bytności, innemi przekonywamy się zmysłami.

3. Cechy ciała. Każde ciało po tych dwóch znamionach poznać można: że jest *rozciągłe*, i *nieprzenikliwe*. Pierwsza cecha wskazuje, że ciało ma zawsze pewną wielkość, *objętość* czyli *bryłowość*, druga, że w iednym miejscu i czasie, dwa, trzy..... ciała zostawać nie mogą. Gdy nurzam rękę w wodzie; inż w miejscu méj ręki nie masz wody, a wbiłając klin; drzewo ustępuje widocznie.

Nieprzenikliwość powietrza jest przyczyną bardzo wielu zdarzeń. I tak: że rurki cienkie, i flaszeczki z ciasnemi sztyjkami, trudno nalewać się da-

ią — że statki płyną za pomocą żagli — że się skrzydła wiatraków obracają — ptaki latają, czyli że się na powietrzu swemi skrzydłami wspierają — że grad nie uderza w ziemię tak mocno, iakby ze swój wysokości spadał, uderzać winien — że woda wylana ze szklanki, nie całą bryłą od razu spada, lecz na wszystkie strony rozpryskuje się.

Że przyczyną ostatnich dwóch zdarzeń, jest nieprzenikliwość powietrza, najlepiej to stwierdza *Młotek wodny*, którym jest rurka szklana, w obu końcach zalutowana, długa na kilkanaście cali, a na cal gruba, do połowy wodą nalana, z resztą próżna (bez powietrza). Trzymając rurkę tę, i wstrząsając nią pionowo; cały wałek wody podskakiwać, i w sklepieniu rurki tak silnie uderzać będzie; iak gdybyto był wałek z kamienia lub metalu. Na nieprzenikliwości powietrza, polega ieszcze użycie *Dzwona nurków* i *Spadochronu*.

4. Znaczenie wyrazu *materia*. Wyraz *materia*, podobnie iak *ciało*, w Fizyce ma inne znaczenie: przez nie bowiem w tej nauce także się ciało rozumie, lecz bez żadnego względu na jego rodzaj czyli naturę. W tém znaczeniu mówi się: *Rozciągłość i nieprzenikliwość jest cechą materji*, zamiast: *Rozciągłość i nieprzenikliwość jest cechą każdego ciała*.

5. Stany skupienia ciał. Ciała albo są tak twarde, że raz przyjętą postać, zachowują na zawsze, albo tak miękkie, że za zmianą miejsca pobytu swojego, i kształt swój ustawicznie zmieniają. Pierwsze nazywają się *stałemi*, *skrzepłemi*, albo *zsiadłemi*, drugie *płynnemi*. Jedne płyny znówu w naczyniach otwartych przechowywać się dają, drugie tylko w naczyniach zamkniętych, inaczej bowiem ulatują, i rozpraszają się w powietrzu: tamte więc *cieczami*, lub *rozciekami*, a te *gazami*, *parami*, lub *ciętami*

lotnemi, wszystkie zaś te trzy sposoby istnienia ciał, stanami skupienia nazwano. Do ciał stałych należą metale, kamienie, drzewo.... do cieczy: woda, alkohol, napoje.... a z liczby ciał lotnych jest powietrze, para wody, i wszelkich cieczy. Ciała *maziste* między stałemi a ciekłemi trzymają środek, a *sypkie* są zbiorem drobnych ciał stałych.

Każde ciało, iak o tém obszernie będziemy mówili niżej, może być we wszystkich trzech stanach skupienia. Przykładem tego jest woda: znamy ją bowiem stałą pod nazwiskiem lodu, ciekłą w rzekach, i t. d. lotną w powietrzu, czego dowodem rosa.

FIZYKA OGÓLNA.

Ta część Fizyki składać się będzie z następujących Rozdziałów: I. o Własnościach powszechnych i ogólnych — II. o Bezwładności, siłach i biegach — III. o Ciężkości ciał stałych — IV. o ciężkości płynów — V. o Ciężkości atmosfery — VI. o Prawie Archimedesesa — VII. o *Drganii*.

ROZDZIAŁ I.

WŁASNOŚCI POWSZECHNE

I OGÓLNE.

6. Własności wszystkim ciałom bez wyjątku służące, *powszechnemi* się nazywają, i takich pięć należy liczyć można: *Podzielność*, *Dziurkowatość*, *Ścisłość*, *Sprężystość*, i *Rozszerzalność*.

PODZIELNOŚĆ.

7. Każde ciało składa się z cząstek, bo każde dzielić się daie. W ciałach lotnych cząstki te odpychają się od siebie, czyli rozpraszają się, albowiem najmniejsza ilość powietrza, lub innego gazu, przelewana do coraz większych naczyń, zawsze je całkowicie wypełnia. W cieczach, lubo zbyt słabo, cząstki te przyciągają się, czego tworzenie się kropeł najwyraźniej dowodzi, lecz że w nich siła ta jest bardzo mała; o tém maczanie się ciał przekopywa. Do-

tknąwszy się wody ręką; widzimy, że jest zmoczona: cóż to znaczy? oto: że cienka warstewka wody, doniej przylgnęła, czyli, żeśmy pewną ilość cząstek wody, oderwali od reszty wody. Każde maczanie ciał w cieczach, tym sposobem pojmować należy.

W ciałach stałych inaczéj się dzieie: w tych, ogólnie mówiąc, cząstki mocno się nawzajem trzymają, czego dowodzi kraianie, rąbanie, rżnięcie, pilowanie, kucie, tłuczenie, i t. d. Siła ta czasem zwyczajnemi sposobami pokonać się nie daie, musimy do tego używać pomocy ognia, by ciało zmiękczyć, lub stopić, czyli aby tę siłę osłabić lub prawie zupełnie zniszczyć.

8. *Atomy*. Jakiej postaci i wielkości są te cząstki, o tém nie wiemy, to tylko pewna, iż są tak drobne, że ich nietylko gołym okiem, ale nawet i zbrojnym w drobnowidz, dojrzeć nie można. Niesłychanej drobności cząstek mamy rozliczne przykłady, i tak: włos welny pospolitej jest tylko na 1/40 linii, merynosowy na 1/100, iedwabiu wprost wyciągniętego z kokonu, na 1/200 część linii gruby. Z platyny, szczególnym sposobem, wyciągnąć można drucik, któryby tylko 1/4000 linii miał grubości. Cieniuchna warstewka wody wbankach mydlanych, warstewka szkła w detkach szklanych, tudzież błonka przezroczysta skrzydeł owadów, tylko na iedną dwukroćstysięczną cząstkę linii może być gruba. Unęją złota można pozłocić drucik srebrny, grubości włosa, na 66 mil ieo-graficznych długi: drucik ten splaszczony, jest tylko na 1/9 linii szeroki, i wten czas uważać go można, iakby się składał z dwóch blaszek złota. Ponieważ długość iednej linii na 16 części widzialnych podzielić można; stąd wypada, że w uneyi złota przynajmniej 14 bilionów cząstek widzialnych znajdować się powinno. Doświadczone, że gran piżma przez 10 lat swym zapachem napelnia ciągle przewietrzane mie-

szkanie, a w granie rozpuszczonej miedzi, blisko 23 milionów cząstek widzialnych naliczyć można. Za powszechny dowód drobnosci cząstek, z których się ciała składają, przytoczyć można płyny, nikt bowiem dotąd nie potrafił oddzielić np. cząstki wody od reszty tego rozcieku, a ponieważ każde ciało może być płynnym; wszystkie więc ciała z cząstek bardzo drobnych składać się muszą. Cząstki te *atomami* nazwano.

9. Ciała proste i złożone. Jedne ciała składają się z atomów jednego rodzaju czyli *iednorodnych*, drugie z atomów różnego rodzaju czyli *różnorodnych*. I tak: miedź składa się z samych atomów miedzianych, cynk, z samych cynkowych, lecz mosiądz, z atomów miedzianych i cynkowych jest złożony. Pierwsze nazywają się ciałami *poiedynczemi*, *prostemi* albo *pierwiastkami*, drugie ciałami *złożonemi*. Ciał poiedynczych jest tylko 54, a w liczbie téj jest siarka, fosfor, dyament czyli węgiel, i wszystkie metale, prócz brązów i kompozycyj. Reszta ciał składa się z tych 54, i to najczęściej

1.) Z dwóch, iak np. woda, która powstała z dwóch gazów, kwasorodu i wodorodu. Ciała te zowią się *podwójnemi* lub *związkami pierwszego rzędu*, i najczęściej są albo kwaśne, i czerwienią farby roślinne, np. błękit lakmusowy, lub nie posiadają tego smaku, i niszczą kolor czerwony, farbom roślinnym, kwasami nadany: stąd pierwsze *kwasami*, drugie *niedokwasami*, ogólniej zaś *zasadami solnemi* są nazywane. *Witryol* np. czyli *kwas siarczany*, jest kwasem, a wapno niedokwasem: tamten składa się z gazukwasorodnego i siarki, to zaś z pomienionego gazu i metalu *wapniakiem* zwanego.

2.) Ciała złożone składają się jeszcze z dwóch ciał podwójnych, powszechnie z kwasu i niedokwasu. *Gips* np. jest związkiem kwasu siarczanego z wapnem.

Połączenia te nazywają się *solami* albo *związkami drugiego rzędu*.

10. Spojność i Powinowactwo czyli siła chemiczna. Siła spaiająca ze sobą atomy iednorodne, *spojnością* nazwana została, ta zaś, co z sobą łączy atomy różnorodne, nosi nazwisko *powinowactwa*: stąd wypada, że w pierwiastkach tylko iedna siła, to jest *spojność*, łączy atomy z sobą, w ciałach zaś złożonych, prócz spojności, jest jeszcze *siła chemiczna*. I tak: żelazo i węgiel tylko siłą spojności są obdarzone, bo tamto z samych cząstek żelaznych, ten zaś z samych węglowych jest złożony, lecz stal, która jest ciałem złożonym z żelaza i węgla, nietylko spojność ale i siłę chemiczną posiada. Wystawmy sobie albowiem, że ją mamy podzieloną na cząstki: każdy atom z tego podziału wynikający, będzie téj samej natury co inne, bo każdy jest cząstką stali, wszystkie zatem względem siebie iednorodnemi być muszą, lecz każdy atom stali, składa się jeszcze z atomów żelaza i atomów węgla, które są różnej natury: w stali więc atomy stalowe siłą spojności utrzymuje z sobą w związku, a siła chemiczna w atomach stali, wiąże z sobą atomy węgla z atomami żelaza.

DZIUROKOWAŁOŚĆ.

11. Atomy w ciałach nie przystają szczelnie do siebie, lecz utrzymują się w pewnej odległości, i ściankami swemi tworzą komórki, *porami* zwane. Pory te w niektórych ciałach, np. w gąbce, są bardzo wyraźne, lecz u największej liczby ciał dostrzedz ich niepodobna. I tak też być winno, gdy bowiem atomy ciał są niewidzialne, komórki więc z nich utworzone, widzialnemi być nie mogą, lecz że się te dziurki we wszystkich ciałach znajdują, mamy na to w kurczeniu się ciał od zimna niezaprzeczony dowód. Ka-

зде bowiem ciało ziębione, zmniejsza swą objętość, co następowaćby nie mogło, gdyby wewnątrz ciała nie było miejsc pustych. Pomiędzy cieczami, które najmniej zdają się być dziurkowate, mamy w tej mierze dowód oczywisty, największa bowiem ich liczba mieszana z sobą, nie daje objętości równej summie. I tak, wiadomo powszechnie, że kwarta wody z kwartą spirytusu, nigdy nie wydaie pół garca mieszaniny, lecz zawsze mniej eokolwiek. W podobnym przypadku jest witryol i inne kwasy..... z wodą. Gdyby dziurkowatości nie przyznano cieczom; nie podobna byłoby tej okoliczności wyjaśnić.

12. Pory ciał nie są nigdy puste. Pory nigdy nie są puste, lecz zawsze takim napelnione plynem, w jakim się ciało znajduje. Gdy jest w powietrzu; pory jego są pełne powietrza, a we wodzie są napelnione wodą. Dla tego gdy ciało rzucamy do wody; powierzchnia jego pęcherzykami się pokrywa, woda bowiem wciskając się w pory ciała, wypędza z nich powietrze. Dla tego ciała namoczone, są cięższe. Ciekawe w tej mierze doświadczenie jest z kamieniem *hydrophan*, który w powietrzu jest tylko półprzezroczysty, a nasiąkły wodą, doskonałej przezroczystości nabywa. Godnym także wspomnienia jest doświadczenie Akademików Floreńskich z roku 1661. Zrobiono tam kulę ze złota, napelniono ją wodą, i ściśnięto w prassie: na powierzchni wystąpiła rosa, co dowodzi, że złoto jest dziurkowate, lubo metal ten, iak się dowiemy później, ze wszystkich ciał ma prawie największą gęstość.

13. Ciężar gatunkowy. Weźmy rozmaitych ciał w równej objętości, np. po calu sześciennym, zważmy każde osobno, a zobaczymy, że nie masz ani dwóch takich, coby miały iedną wagę. Kostka calowa np. merkuryusza, będzie ważyła przeszło półczternasta razy więcej, niż z wody, a z powietrza

mniej 770 razy. Różnica ta skądinąd pochodzić nie może, tylko od rozmaitej gęstości, czyli stąd, że w iednych ciałach atomy bliżej siebie, w drugich dalej od siebie są położone. Ta rozmaita waga ciał w równych objętościach, nazywa się ciężarem gatunkowym.

14. Masa. Przez masę w Fizyce rozumi się ilość materji, z której się ciało składa. Ponieważ zaś, iakieśmy dopiero powiedzieli, rozmaite ciała są rozmaitej gęstości; w równych przeto objętościach, rozmaitą masę mieć muszą. Ile razy ciało będzie gęstsze, czyli, ile razy atomy w niem będą bliżej siebie; tyle razy i masa jego musi być większa. Stąd wypada, że z objętości ciał różnorodnych, nigdy o ich massie wnosić nie można. Ciało dwa, trzy, cztery... razy większe, będzie miało tę samą masę, gdy będzie dwa, trzy, cztery... razy rzadsze od drugiego. Pamiętajmy więc, że masa ciał rozmaitych, nigdy nie idzie w stosunku z ich objętością. Tylko w tém samym ciecie stosunek objętości, jest stosunkiem massy, bo gdy gęstość ta sama, w objętości 2, 3, 4,... razy większej, musi być 2, 3, 4,... razy większa ilość materji.

ŚCISŁIWOŚĆ.

15. Koniecznym następstwem dziurkowatości ciał musi być ściśliwość, czyli ta własność, że ściskane, zmniejszać swą objętość mogą, lecz mamy na to bezpośrednie dowody. Gazy tą własnością szczególnie między wszystkimi ciałami celują, i niełatwiejszego, iak zmniejszać ich objętość. Przykładem tego jest *Krzesiwko pneumatyczne*, którym może być wszelka rurka, w iednym końcu zalutowana, z stępem, mającym haczyk na końcu, z kładającym się w rurkę. Na haczyku tym przytwierdziwszy kawałek hubki, i zatknąwszy iak najpłycej stępel w rurkę; wepchnijmy go potem raptownie, a zobaczymy, że się

prawie do samego dna rurki zapadnie, choć powietrza nie nie ujdzie z rurki. Przy tém doświadczeniu można się prócz tego przekonać, że powietrze ściśnione, wydaie ogień, albowiem wyciągnawszy stępel; zobaczymy hubkę zatloną, a jeżeli rurka jest szklana; po wepchnięciu stępla, błysk na dnie widzieć się daie.

Ciała stałe nie są tak bardzo ściśliwe, własność ta przecież iest u niektórych widoczna: gąbka, rdzeń bżowy, i wszystkie ciała organiczne, są tego iawnym dowodem. Bicie monety, medalów, robienie odcisków tak wklęsłych iak i wypukłych na drzewie, na téj iedynie własności polegą, a kolumny wielkich gmachów, najwięcej z powodu ściśliwości kamieni, wysokość swą z czasem zmniejszają. Odciski wypukłe na drzewie, dają się następującym sposobem: na suchej desce wytłacza się taka figura wklęsła, iaką mieć chcemy wypukłą, poczem hebluie się do równości z tym wyciskiem, a namoczywszy ją we wodzie, po niejakim czasie w miejscu wklęsłym, ukaże się odcisk wypukły.

Ciecze są najmniej ściśliwe, woda *np.* ściiskana w waleu metalowym, którego ściany na trzy cale grube, wprzód rozsadza walec, nim się o dwudziestą część swęj objętości zmniejszy, dla zmniejszenia zaś ięj objętości o $1/12$; każdą linią kwadratową ięj powierzchni trzeba przycisnąć ciężarem dwóch centnarów (1).

(1) Później zrozumiemy to wyrażenie: że woda przegotowana, ściiska się o 51,3; a zwyczajna z powietrzem o 49,5 milionowych swęj objętości, od iednego parcia atmosfery (*).

(*) Ażeby wątpliwości uniknąć; uprzedzamy, że ułamki dzielne od całości, zwyczajnym sposobem kreskami oddzielać będziemy; nie będziemy zaś żadnego używali znaku, na odróżnianie tak zwanych klasz czyli rzędów pomiędzy liczbami całymi.

SPRĘŻYSTOŚĆ, ELASTYCZNOŚĆ.

16. Ile razy iaka obca siła zostanie na ciało wywarta, ciało to zmienia wymiary swoje, lecz skoro tylko działać przestanie, każdy wymiar iego wraca do swoięd pierwotnej wielkości. Własność ta nazywa się sprężystością, i przypisuje się szczególnej sile, która podobnież sprężystości nosi nazwisko. Działanie téj siły objawia się w bardzo rozmaitych kształtach. Itak: ięd mocą sprężyna zegarowa rozwinięta, wraca do swęj ślimakowej postaci — gumma sprężysta (elastyczna) wyciągana, kurczy się — piłka o ziemię uderzona, odskakuie — pręty krzywe, prostowane, krzywią się, a proste, krzywione prostują się — sznury przekręcane, lub rozkręcane, odkręcaia się — druty i sznury, nawitane na walec, odwiiaia się, a wyciągane, kurczą się — gąbka, rdzeń bżowy, korek, i wszystkie płyny, ściiskane, odzyskują swą wielkość. W tém wszystkiém iest ieszcze to osobliwego, że ciała nie odzyskują swych wymiarów od razu, lecz wprzód przez czas nieiaki drgaia. Jakoż, przytwierdziwszy długą blaszkę stalową, iednym końcem do stołu, i nagiąwszy ją; wahać się będzie przez czas nieiaki, a wahanie to zamieni się w drżenie, gdy krutką blaszkę weźmiemy. Po niejakim dopiero czasie, wyprostuje się.

17. Płyny są doskonale sprężyste, to iest, choć najdłużej prassowane, doskonale odzyskują swoię objętość, co łatwym sposobem okazać można, zamykając ie w mocnej rurze, i przyciskając szczelnie przystającym stęplem, obciążonym wagami. Ile razy zdejmujemy wagi; stępel tyle razy odskoczy do téj samej wysokości, w której się przed obciążeniem swoim znajdował, i chociażby tym sposobem płyn iak najdłużej był przycisnięty; nigdy się iego objętość nie zmniejsza.

Sprężystość powietrza jest przyczyną bardzo rozmaitych zdarzeń, i na tej jego własności polega budowa rozmaitych machin. Jakoż siła dęcia miechów stąd iedynie pochodzi, że powietrze w nich ściśnione, wychodząc rurką, odzyskuje właściwą sobie objętość. Strzelanie z wiatrówek tym samym zupełnie tłumaczy się sposobem: iak zaś wielka jest moc sprężystości powietrza, łatwo stąd wyobrażenie powziąć można, że raz napompowana wiatrówka, 80 razy donośnie wystrzelić może. Używanie powietrza na posciel, budowa *fontanny Hierona*, *fontanny z naciśnienia*, i *ognistej* czyli *piekielnej*, na tej samej gruntuie się zasadzie.

18. Ciała stałe nie są doskonale sprężyste, to znaczy, że nie odzyskują zupełnie swych wymiarów, choć siła działać przestanie, a niektórych nawet ta własność w bardzo niskim znajduje się stopniu, tak iż zdają się być zupełnie sprężystości pozbawione. Ciała nie odzyskujące wyraźnie swęj postaci po zgięciu, nazywamy *giętkimi*, a sznury i druty, które zwłaszcza po mocném i długotrwałém wyciągnięciu, nigdy pierwotnej nie sięgają długości, *wyciągalnemi* nazwano. Do najsprężystszych ciał stałych, należy kość słoniowa, i stal. Robiąc z tych ciał kule, i puszczając je na płaski, oliwą posmarowany marmur; zamiast punktu, zobaczymy na marmurze plamę kołową, co dowodzi, iż się kula w czasie uderzenia splaszczyla, a tym czasem żadnej zmiany w ięj postaci dostrzedz nie będziemy mogli. Tym samym sposobem o sprężystości wszelkich ciał stałych przekonać się można: wiele razy iednak powtarzając to doświadczenia z iedném i tém samém ciałem, własność ta coraz w niższym okazuje się stopniu: i tak, sprężyna zegarowa, w prostej linii przez długi przeciąg czasu trzymana, nie odzyskaie zupełnie swęj ślimakowej postaci.

Temperatura i wilgoć wielki wpływ na tę własność ciał wywiera: i tak, metale do czerwoności ogrzane, utracają sprężystość: wosk i inne ciała miękkie, na mrozie stają się sprężystemi, a wilgoć w ciałach organicznych, powszechnie tę własność niweczy.

19. *Rozmaite nazwiska sprężystości.* Siła ta w ciałach lotnych przybiera nazwisko *prężności* albo *rozprężliwości*, a to na okazanie różnicy, iaka w sprężystości gazów, tudzież cieczy i ciał stałych zachodzi. W tych dwóch bowiem stanach skupienia, widać tylko dążność do odzyskania wymiarów zmienionych, w gazach zaś, oprócz tej dążności, jest ieszcze ciągle usiłowanie do powiększenia swęj objętości. Uciśnione powietrze, nietylko do pierwotnej wraca objętości, lecz, iakieśmy to już pod l. 7. powiedzieli, usiłuje się rozproszyć, a stąd pochodzi parcie na ściany naczyń, o czém później mówić będziemy.

Wszelkiego rodzaju sznury i nici, iakieśmy to już powiedzieli, okęcane koło wałców i t. p. odwiłają się, sprężystość w tym razie nazywa się *niegiętkością*, a *siłą skręcenia* w drutach, gdy skręczone, odkręcić się usilują.

Użytek sprężystości ciał stałych mamy we wszelkiego rodzaju sprężynach: materace i poduszki nie czém inném są także, tylko zbiorem mnóstwa drobnych sprężyn, które z czasem przez zwilgnienie i splątanie się, utracają swą własność: dla tego przewietrzanie i trzepanie, wraca ich do pierwotnego stanu. Sprężystość tłumaczy ieszcze, skąd pochodzi siła strun, lin, i łańcuchów, gdy wyciągnięte pękają, i iaka jest przyczyna samowolnego trzaskania naczyń szklanych. Uderzenie liny pękniętej, które czasem na śmierć zabija, nie skąd inąd tylko stąd pochodzi, że przez wyciągnięcie większej długości nabywa: gdy więc pęknie; z taką samą siłą do

swój długości powraca, z iaką naciągnięta była. Pękanie samowolne szkła, jest także takim samym rozrywaniem się, iak lin i sznurów, pochodzi zaś od sprężystości, nierówno w całej massie szkła rozłożonej: z nierówności tej bowiem pochodzą ciągnięcia się cząstek w rozmaite strony, pęknięcie zatem najmniejsza, nawet niedostrzeżona przyczyna spowodować może, tak iak samo dotknięcie ostrzem, wyciągniętej struny, zerwanie jej sprawnie. Drganie na koniec iakieżmy to już powiedzieli, jest skutkiem sprężystości, obaczmy zaś dalej, że jest przyczyną głosu: gdyby więc ciała nie były sprężystymi; nie posiadaliibyśmy dwóch największych życia naszego rozkoszy; muzyki i mowy.

ROZSZERZALNOŚĆ.

20. W nauce o ciepliku w szczególności nad tą własnością zastanawiać się będziemy, tu tylko powiemy, że wszystkie ciała bez wyjątku, gdy są oziębiane, kurczą się, a ogrzewane, rozszerzają się, to jest, powiększają wszystkie wymiary swoje, długość, grubość, i szerokość. Aby się o tem przekonać, weźmy obrączkę metalową, z rozmaitych ciał poróbmy kule, cokolwiek mniejszej średnicy, tak iżby przez obrączkę z łatwością przechodzić mogły: ogrzejmy kule, a żadna nie zmieści się w obrączkę, lecz i obrączkę ogrzejmy, a znowu kule przeprowadzać przez nie będziemy mogli.

Rozszerzalność cieczy w ten sposób poznać można: bierze się flaszeczka, nalewa pełno cieczy, zatyka przedziurawionym korkiem, przez który rurka cienka a długa przechodzi. Za ogrzaniem, ciecz wznosić się będzie w rurce, albowiem rozszerzona od ciepła, nie zmieści się w flaszeczkę. Do rozszerzalności gazów ta sama flaszeczka służyć może, nie trzeba jej tylko nalewać cieczą, lecz zostawić w niej powietrze, a do rurki wpuścić kroplę iakiej cieczy: kropla ta

w rurce przybierze postać waleczka, i gdy cokolwiek ogrzeimy flaszeczkę; do góry postępować będzie, co dowodzi, że powietrze ogrzane, większą przybiera objętość.

21. Ogólnemi nazywamy te własności, które nie wszystkim bez wyjątku, lecz tylko pewnym gromadom ciał służą. Z liczby tej główniejsze są: *Kryształiczność, Wytrzymałość, Twardość, Ciągłość, Giętkość*, i własności te, samym tylko ciałem stałym, i to nie wszystkim są wrodzone.

KRYSTAŁICZNOŚĆ.

22. Gdy ciała ze stanu lotnego lub ciekłego, do stałego przechodzą, przybierają pewną postać, która się *kryształem* zowie, i może być *foremną*, lub *nieforemną*. Kryształami foremnymi nazywają się bryły, ograniczone płaszczyznami foremnymi, gładkimi, błyszczącymi niekiedy. Przykładem tego jest woda, która krystalizuje się w igielki, czyli ostrosłupy trójkątne, bardzo cienkie. Z tych igielek, rozmaicie względem siebie nachylonych, powstają nie raz bardzo piękne rysunki w czasie zimy na oknach: z nich także tworzą się gwiazdki śniegowe. Sól kuchenna statecznie postać kostki przybiera, alun postać ośmiościanu, *kryształ górny* przedstawia się iako graniastosłup sześcienny, takimiż ostrosłupami zakończony, nie raz doskonale polyskniący i przeźroczysty.

Takowe postaci bardzo często napotykamy w naturze, sztucznie zaś otrzymywać je można, rozpuszczając ciało w iakiej cieczy; i tak otrzymany *roztwór*, albo trzymając dopóty w otwartym naczyniu, dopóki nie wyschnie, lub gotując go przez nieiały czas i studząc. W pierwszym razie wszystka, w drugim część cieczy rozpuszczającej uleci, a ciało rozpuszczone w kryształach zostanie. W pewnych przypadkach nawet podczas gotowania roztworu, opadają kryształy. Można także krystalizować ciała, topiąc je, i zesta-

wiając z ognia, a gdy tylko po wierzchu skrzepną; przebiegając skorupę, i wylewając resztę jeszcze nie zsiadłą: na ten czas ściany wewnętrzne skorupy, okazują się kryształami okryte. Nakoniec, można jeszcze ciało stopione, przez pewien czas w naczyniu przykrytém ogrzewać, a kryształy w górnej części naczynia osiadać będą, albowiem ciało ogrzewane, ułatwia się, czyli zmienia się w parę, która wzniosłszy się do góry, i ostygnąwszy do pewnego stopnia, zsiada się, i czepia ścian naczynia. Kryształy nieforemne najczęściej pochodzą albo z połączenia się rozmaitego ze sobą kryształów foremnych, albo z niedokończonój krystalizacyi foremnej.

23. Forma pierwotna, i pochodna. Jedno i toż samo ciało może się krystalizować w rozmaite postaci, i tak np. węgiel wapna, który stanowi kredę, marmur, *spat islandski*.... raz okazuje się iako równoległościann ukośny, rozmaitej pochyłości, drugi raz, iako graniastosłup sześcienny prosty, trzeci raz, iako graniastosłup sześcienny prosty, ostrosłupami zakończony,.... We wszystkich iednak postaciach, do iednego ciała należących, zawsze ukrywa się kształt ieden, który się *ładrem*, albo *formą pierwotną* nazywa, temte zaś, *pochodnych* noszą imię. Forma pierwotna okazuje się, lupiąc formę pochodnią w kierunku równoległym do ścian, lub ścinając ię kąt, i krawędzie. Działanie to zawsze skutecznie się daie, kryształy bowiem składają się z blaszek, w rozmaitym kierunku idących.

W Y T R Z Y M A Ł O Ś Ć.

24. Przez wytrzymałość rozumi się opór, iakiego doznaliśmy, gdy chcemy ciało iakie *siłuc* czyli *rozbić*, *ukręcić*, *złamać*, *zgnieść*, lub *zerwać*. Znaomość oporu, iaki ciało przy gnieceniu i zrywaniu przedstawia, jest najpowszechniejszego użytku, podaliśmy więc wypadki, otrzymane w tej mierze z doświadczenia.

25. Przez gniecenie probowano wytrzymałości marmuru, kamieni, drzewa,... skąd okazało się: 1od, że czas wielki wpływ w tym względzie wywiera, i tak, kamień przywalony pewnym ciężarem, może wytrzymywać przez pewien przeciąg czasu, a później pęka — 2re, wpływ kształtu jest także widoczny: iakoż graniastosłup o podstawie prostokątnej, jest mniej trwały, niż z podstawą kwadratową — 3cie, w różnych kierunkach tego samego ciała, jest rozmaita wytrzymałość: drzewo w kierunku włókien, a kamień tak położony, iak leżał w naturze, są wytrzymalsze, niż w kierunkach przeciwnych — 4te, bryła wydrążona, przy téj saméj massie i wysokości, jest wytrwalsza od pełnej, i z tego powodu zapewne kości są dęte. Gdy stosunek średnicy wewnętrznej do zewnętrznej jest iak 5: 11; wytrzymałość największa.

26. Wytrzymałość przez rozrywanie, wogóle mówiąc, w tém samém ciele jest mniejsza od wytrzymałości przez gniecenie. W metalach i sznurach zawisła iedynie od grubości, i rośnie w stosunku prostym przecięcia, czyli iak kwadrat z iego średnicy. Tak więc, gdy średnice są względem siebie, iak 1, 2, 3,.... trwałość rośnie, iak 1, 4, 9,.... Na rozmaitych drutach, których przecięcie wynosiło millimetr kwadratowy, wieszano ciężary, skąd okazało się, że zerwanie ich następowało dopiero od 42 kilogr. w żelazie kutém, od 58 w surowcu, od 25 w brązie na działa, od 25 w miedzi kutéj, od 21 w klepanéj, od 13 w lanéj, od 12 w mosiądzu, od 3 w cynie lanéj, od 1 w ołowiu lanym. Stąd okazuje się, że metale kute są trwalsze od lanych. Sznur, którego średnica centymetr wynosi, zerwał się dopiero pod ciężarem 400 kilogr. Dwa razy grubszy, podług powyższego prawidła, 1600 kilogr. udźwignąć może. Trwałość sznura nie jest nigdy summą włókien, z których się

składa, np. gdy włókno 100 gram udźwignąć może; sznurek z 10 włókien nigdy nie udźwignie 1000 gram. Przyczyną tej osobliwości jest, że wszystkie włókna nie mogą być nigdy iednako skręcone, że najbardziej skręcone, iako najkrutsze, więcej z początku dźwigają, na sam przód też pękają, po tych drugie, i t. d.

T W A R D O Ś Ć.

27. Twardością w Fizyce nazywają tę własność, że się ciała iedne drugimi ryć, pilować, i ścierać daia. W tém znaczeniu ciało ryjące lub pilujące, jest twardsze od pilowanego czyli ścieranego: dyament przeto ze wszystkich ciał jest najtwardszy, bo wszystkie ciała ryć i ściera, sam zaś żadnem innem ciałem ani ryć ani pilować się nie daie, i dla tego tylko własnym przeszkim polerowany być może. Na pierwszy rzut oka zdaie się, że twardość od spojności ciał zależy, że zatém ciała mające spojność większą, są twardsze i na odwrot, trudno iednak eo w tym względzie wyrzec z pewnością, gdyż wiele ciał twardych łatwo kruszyć się daie, sam nawet dyament jest bardzo kruchy.

Temperatura i wilgoć wielki wpływ na tę własność ciał wywiera: i tak, surowiec żelazny na zimno jest bardzo twardy, a rozpalony do czerwoności, z łatwością pilować się daie. W tym przypadku jest szkło, prawie wszystkie metale, i te ciała, eo w ogniu nabywają ciągliwości. Sposób studzenia ciał ogrzanych niemniej także wpływa na twardość: iakoż niektóre ciała rozpalone i ostudzone raptem, w wysokim stopniu własności tej nabywają, dla tegoto chcąc nadać twardość, stali; rozpala się ją mocno, a potem nurza w zimnej wodzie, by iak najprędzej ostygła: im ją chcemy mieć twardszą; tém ją mocniej rozpalamy, i studzimy gwałtowniej. Okoliczność ta ieszcze należyte wytłumaczoną nie jest, zdaie się iednak, iż od

różnego układu cząstek pochodzi: im albowiem stal jest mocniej zahartowaną; tém ma obiętość większą, i w odłamie coraz inszą okazuje ziarnistość.

C I A G Ł O Ś Ć.

28. Ciągłość jest to własność, że się ciała na druty ciągnąć, lub na blachy kować daia. Podług tego ciągliwość *drutowość* lub *kowalność* jest nazywana. Mała liczba ciał, bo prawie tylko niektóre metale posiadają tę własność, i to tak, że każdy niemal w innym stopniu jest drutowy, a w innym kowalny: samo tylko złoto i srebro z równą łatwością na druty i blachy ciągnąć się daie, i ze wszystkich jest najciaglejsze. Po tych eo do drutowości jest kolej następująca: platyna, żelazo, miedź, cynk, cyna, ołów — a eo do kowalności: miedź, cyna, platyna, ołów, cynk, żelazo. Ołów jest najmniej drutowy, żelazo najmniej kowalne.

Nadzwyczajnej kowalności złota i srebra dowodem jest złoto i srebro malarskie: pierwszego potrzeba przynajmniej tysiąc listków, by zwyczajnemu papierowi w grubości wyrównać, a 300000 dopiero cal ieden wynosi.

Ciepłik w ogóle mówiąc, bardzo silny i bardzo rozmaity wpływ wywiera na tę metalów własność: w iednych ją powiększa, w drugich zmniejsza. Itak, żelazo do czerwoności rozgrzane, kuć się daleko łatwiej, gdy tym czasem ołów i cyna, która jest ciagle na zimno, ogrzana blisko do temperatury swego topienia, tak jest krucha, że pęka pod młotem. Miedź także zdaie się być kruchszą na gorąco, a cynk szczególną w tej mierze osobliwość przedstawia: na zimno jest kruchy, w temperaturze od 100 do 150 stopni ciągly, powyżej tak kruchy, iż się łatwo proszkować daie: do 100 stopni ogrzany i ostudzony, nie utracą zupełnie, nabytej przez to rozgrzanie ciągliwości.

Rzecz uwagi godna, że niektóre metale w miarę wyciągania się swego, bądź na druty bądź na blachy, utracają stopniowo swą ciągłość: w tym przypadku jest mosiądz, i z tego powodu podczas klepania, potrzeba go czasami do czerwoności rozpalać, aby mu ciągle utracaną ciągłość przywracać. Przyczyną tego jest, iż w cieple wyciąganém, cząstki co raz innym, a przymuszonym zawsze zostają szyku: iakoż druty i blachy w odlamie inną mają postać, niż metal lany, pierwsze przedstawiają zwyczajnie zadziory i podługne włókna, drugie często na listki dzielić się dają.

Raptowne studzenie ciał ogrzanych, szczególne także w ciągłości przedstawia odmiany: iakoż połączenie 78 wag miedzi z 22 cyny, na dzwony chińskie tam-tam używane, przez powolne studzenie kruchości, a przez prędkie, kowalności nabywa, przeciwnie zaś stal hartowana, tak jest krucha, że nie raz za najmniejszym uderzeniem, pryska. Odlewy żelazne z surowca białego czasem samowolnie, nawet jeszcze w formach pękają. Puszczając szkło stopione kroplami do zimnej wody; krople będą tak kruche, że za ułamaniem ogonka, w proch rozsypywać się będą. Tym sposobem robią się flaszeczki szklane, w które wrzuciwszy kawałek krzemika, wielkości połowy paznokcia, natychmiast pękają. Pierwsze zowią się *Lzami Batawskimi*, drugie *Flaszeczkami Bononскими*.

G I Ę T K O Ś Ć.

29. Powiedzieliśmy już, l. 18, że niektóre ciała stałe, tak mało są sprężyste, że zdają się nie odzykiwać swego kształtu, choć siła zmieniająca go, działać przestaje. Własność ta zowie się *Giętkością*, i służy tylko prawie samym ciałom ciąglym. Szczególny przykład giętkości mamy na wosku, ołowiu, cynie, platynie, złocie, srebrze i t. d. Stopień tej własności wiele zależy od grubości i długości ciała, i tak:

druty i blachy cienkie a długie, bardziej zginać można, niż grubsze a krótsze. Temperatura taki sam skutek sprawia w giętkości iak i w ciągłości. *Odhartowywanie* czyli rozpalać, i powolne studzenie zahartowanej stali, przywraca i jej iakąkolwiek ciągłość i giętkość. Metale, przez połączenie się z sobą, powszechnie utracają tę własność: dla tego brązy, spiże, i kompozyce, są kruche i twarde: dla tego także do złota, srebra, ... dodaje się miedzi, gdy metale te na monetę lub naczynia użyte być mają.

ROZDZIAŁ II.

BEZWŁADNOŚĆ.

S I Ł Y I R I E G Ł.

30. Gdyby ciała żadnej nie posiadały siły; same przez się ani spoczynku na ruch, i odwrotnie, ani ruchu swego w niczem zmieniłyby nie mogły. W takimto rozumieniu Fizycy uważają ciała, iako bezwładne, czyli bezsilne dla tego, gdyż inaczej nauka o siłach, byłaby prawie do pojęcia niepodobną. Z przypuszczenia tego wyprowadzają dwa następujące wnioski: — naprzód, że gdy siła raz ciało do spoczynku lub do ruchu nakłoni; ciało to dopóty spoczywać, lub dopóty biedz musi, dopóki się na niego siła, pierwszej przeciwna nie wyrze — powtóre, że ciało w takim kierunku dopóty biedz musi, w jakim go siła popchnęła, i z taką prędkością, iaką mu siła nadała, dopóki się na niego nowa nie wyrze siła.

Przykład wiecznego spoczynku i biegu mamy w ciałach niebieskich, Astronomowie bowiem od dwóch tysięcy lat przeszło, z pilnością przypatrują się niebu, a żadnej nie dostrzegli odmiany ani w spoczynku gwiazd, z tego powodu *nieruchome* zwanych, ani w biegu planet i komet. Na ziemi mamy także przykład wiecznego ciała spoczynku: od wieków bowiem pasma gór spoczywają na swém miejscu, a gdy ie

z swój posady wzruszone widzimy; jest to dziełem nowych sił przyrodzenia, albo rąk ludzkich.

31. Że ciała niebieskie nie ustatą w swych biegach, domyślamy się, że na nie żadna nowa nie działa siła, któraby je w biegu zatrzymać mogła. Że znowu ciała ziemskie, zawsze swój bieg kończą; wniesmy stąd, że bieg ich iakaś niweczy siła: a ponieważ zawsze do ziemi dążą; z ziemi więc niestannie siła, wszystkim siłom ziemskim przeciwna, wywierać się musi. Tę siłę nazywamy *ciężkością* albo *ciężeniem*.

32. Drugą przyczyną ustawiania biegu ciał ziemskich jest opór powietrza: ciało bowiem biegnące, plyn ten z swój drogi usuwa, na co zawsze część siły traci, i Mechanika uczy, że *opór ten rośnie w stosunku kwadratów z prędkości*, to jest, że ciało dwa razy prędzej biegnące, cztery razy większego oporu od powietrza doznawa.

33. Wszystkie ciała, choć najstaranniej wypolerowane, są chropowate. Wypada to z samej natury polerowania, gładzimy bowiem ciała, zdzierając nierówność pilnikiem, lub ścierając proszkiem. Pilnik i proszek, iakkolwiek delikatne, rysować muszą powierzchnię ciała, gdyż inaczéj gładzićby jej nie mogły. Stąd też pochodzi, że gdy jedno ciało położymy na drugim, wyskoki jednego, zapuszczają się w wydrążenia drugiego, a gdy pierwsze po drugim suwać chcemy; musimy pokonywać opór, z tego zahaczania się pochodzący. Trzecią więc przeszkodą biegów ziemskich bywa opór, pochodzący z *tarcia*.

Doświadczenia w téj mierze czynione, okazały: — 1te, że im powierzchnie gładze; tém tarcie mniejsze — 2re, ciała téj samej natury, trą się mocniej, niż różnorodne, bo mają chropowatość iednaką, łatwiej się przeto zahaczają — 3cie, tarcie wzrasta w stosunku ciężaru ciała, ta sama więc bryła, mniejszą czy więk-

szą będzie położona ścianą, tarcie będzie to samo; ile razy bowiem ściana mniejsza; tyle razy zagłębienie chropowatości większe — 4te, tarcie jest mniejsze, gdy się powierzchnie obu ciał zmieniają, bo mają czas krótszy, do zahaczania się o siebie: dlatego łatwiej jest ciała toczyć, niż suwać, dlatego wszelkie smarowidło zmniejsza tarcie. Suwanie ciał, zowie się tarciem *pierwszego rodzaju*, taczanie, tarciem *drugiego rodzaju*.

Wszystkie te wypadki otrzymać można za pomocą *Trybometru*, fig. 1. Jestto deska pozioma, zaopatrzona blokiem, na który nawija się sznurek, w iednym końcu dźwigający miseczkę, drugim przywiązany do ciała, którego tarcia doświadczać chcemy. Pod to ciało na desce, podkłada się tablica z drugiego ciała, które także doświadczeniu poddać chcemy. Na miseczce kładą się ciężary, dopóki ciało suwać lub toczyć się nie zacznie, a ciężary te są miarą tarcia. Tarcie pierwszego rodzaju nie raz połowę ciężaru ciała suwającego się wynosi.

Tarcie jest szkodliwe: bo niszczy monety, suknie, wszelkie narzędzia i sprzęty — jest użyteczne: bo przez nie polerujemy zwierciadła, i rozmaite sprzęty, z łatwością trzymać możemy w ręku rozmaite przedmioty, i bezpiecznie chodzimy po ziemi, wstępujemy na góry, i z nich zstępujemy.

34. Gdy ciało zawieszone na druciku lub sznurku, tak iak wahadło, bieg swój odbywać jest przymuszone, prócz oporu powietrza, jeszcze sprężystość nitki pokonywać musi, którato siła iakkolwiek mała, wielokroć iednak powtórzona, skutek wyraźny sprawić może. Ciało na iéj ustawiczne zginanie, siłę swą traci, i z tego powodu w biegu swym ustatie. Czwartą więc przeszkodą biegów ziemskich jest *niegiętkość*.

35. *Prędkość*. Przez prędkość biegu w Fizyce toż samo się rozumie, co i w potocznej mowie, to jest:

droga przebieżona w danym czasie. Mówimy więc, że to ciało 2, 3, 4, . . . razy ma większą prędkość, które w tym samym czasie *np.* w minucie, ubiega 2, 3, 4, . . . razy większą drogę. Podobnież: ciało bieży z iednakową prędkością, gdy równe drogi, w czasach równych przebiega.

36. Rozdzielanie się siły pomiędzy cząstki ciała. Gdy siła pobudza ciało do ruchu; działa tylko zawsze na pewną ilość iego cząstek: i tak, siła prochu w szelbach, działa tylko na połowę powierzchni kuli: laska bilarowa w mniejszą jeszcze liczbę cząstek uderza bilę, tym czasem całe ciało czyli wszystkie atomy biegną: widać więc, iż siła rozdziela się na wszystkie atomy ciała: a że wszystkie biegną razem, czyli, ponieważ wszystkie mają tę samą prędkość; siła więc pomiędzy wszystkie rozdziela się równo. Ile razy przeto większa siła wyrze się na toż samo ciało, lub na ciała tej samiej massy; tyle razy każdy atom nabędzie większej prędkości. Im znowu ilość cząstek składających ciało, czyli massa będzie większa; tém każdy atom mniejszą od tej samiej siły odbierze prędkość, tak iż gdy massa ciała będzie 2, 3, 4, . . . razy większa; odbierze też prędkość 2, 3, 4, razy mniejszą. Okoliczność ta tłumaczy, dla czego massy większe, od tej samiej siły poruszają się wolniej, niż mniejsze, i że musi być kres, w którym siła fizycznie mówiąc, nie sprawuje żadnego skutku: i tak, uderzając młotkiem w ziemię, pewnym być można, że bryła ziemską usuwa się na chwilę z swjej drogi, lecz któż wielkość tego ruchu oceni? Mówimy przeto, iż w tym razie siła żadnego pod względem ruchu nie sprawuje skutku.

37. Ilość ruchu. Tak się nazywa skutek, który sprawia ciało, gdy w biegu swym drugie ciało uderza. Skutek ten zależy od prędkości, i massy ciała, zostającego w biegu, i wynajduje się, mnożąc

massę tego ciała przez prędkość. Albowiem, podług tego cośmy dopiero powiedzieli, wszystkie atomy ciała biegnącego, równą posiadają siłę, ile razy przeto w bryle iakiiej jest większa liczba atomów; tyle razy siła całej bryły będzie większa. Ile razy znowu każdy atom bryły, będzie posiadał siłę większą; tyle razy, i cała bryła większą siłę mieć będzie. Chcąc przeto znaleźć siłę całego ciała, potrzeba mnożyć siłę iednego atomu, przez liczbę tychże atomów. A że, ile razy atom iakiego ciała posiada siłę większą; tyle razy i prędkość iego większa; zamiast więc siły atomu, prędkość iego, czyli prędkość ciała wziąć można. Ponieważ znowu ilość atomów, czyli ilość materji ciała, stanowi iego massę; powiedzié zatem można, że iloczyn z prędkości ciała biegnącego, przez iego massę, daie siłę całego ciała, czyli skutek, iaki to ciało sprawić może, czyli *ilość ruchu*.

W ogólności, nazwawszy sobie ilość tę q , massę ciała biegnącego m , prędkość iego v ; będzie $q = mv$. Niech drugiego ciała będzie m' massa, prędkość v' ilość ruchu q' ; wyniknie drugie równanie $q' = m'v'$, a z tych równań proporeya $q : q' = mv : m'v'$. Na przykład, gdy massy równe; będzie $q : q' = v : v'$; a gdy prędkości równe; $q : q' = m : m'$. Skąd wypada, że ilość ruchu jest w stosunku prędkości, gdy massy równe, a przy prędkościach równych, tyle razy ilość ta większa; ile razy massa ciała większa.

Ilość ruchu tłumaczy nam, dla czego ciało jedno poprostu położone na drugim, żadnego nie sprawia skutku, gdy tym czasem z góry puszczone, gruchocze go nie raz w kawalki: dla czego także uderzenie ciałem drobném, większy sprawia skutek, a niżeli ciśnienie bryłą wielką. Na tej zasadzie polega budowa *Kafara*, *Cepów*, i wszelkiego rodzaju *Młotów*.

38. Nazwiska sił. Siły są rozmaite, iako to: ciężkości, sprężystości, prężności, zwierzące, . . . lecz

wszystkie do dwóch gatunków sprowadzić się daią. I tak, albo siła wlewa się w ciało raptem, i ustaie, tak iak w broni ognistej siła prochu, lub siła ręki w rzucaniu kamienia. Siła taka zowie się *przemiatającą, chwilową*, lub siłą *rzutu*. Albo znowu: siła nie tylko ciało raz uderzy, ale go jeszcze ciągle pod czas biegu popycha. Siła taka zowie się *nieustającą* lub *przyspieszającą*: ostatnie nazwisko stąd otrzymała, bo iak się dowiemy później, z działania iej wynika bieg przyspieszony, czyli co raz prędzsy. Gdy siła nieustająca ciągle z iedną mocą działa; w ten czas jeszcze nazywa się *iednostajną*, a gdy ustawicznie ciało do iednego punktu ściaga; przybiera imię siły *dośrodkowej*.

39. Nazwiska biegów. Ruch może się odbywać w iednym miejscu koło pewnej linii czyli *osi*, tak iak kółek zegarowych i rozmaitych machin. Ruch taki zowie się *wirowym*. Lub ciało ruszające się, ustawicznie zmienia miejsce w przestrzeni, tak iak kamień ręką rzucony, a ruch taki zowie się *biegiem postępowym* lub poprostu *biegiem*. Bieg znowu może trwać po linii prostej lub krzywej, podług tego zowie się *prostym* lub *krzywym*. Nadto jeszcze bieg może się odbywać z iednakową, lub z prędkością zmienną: iest więc *iednostajnym* lub *zmiennym*. W biegu zmiennym prędkość może ciągle o iedną ilość, co pewny przeciąg czasu wzrastać lub zmniejszać się: bieg pierwszy *iednostajnie przyspieszonym* nazwano, drugi *iednostajnie opóźnionym*.

40. Bieg iednostajny prosty. Gdy się na ciało wywrze siła *przemiatająca*; ciało to na mocy *bezwładności* bieży wiecznie, z tą samą prędkością i w tym samym kierunku, iaki mu siła naznaczyła. Przypuściwszy więc, iż ciało co sekunda ubiega po 5 lokci, w 10 sekundach ubieży drogę $10 \times 5 = 50$. Droga więc w tym biegu znajduje się, mnożąc czas przez

prędkość, czyli $e = vt$, gdzie e = droga, t = czas, v = prędkość; stąd $t = \frac{e}{v}$; $v = \frac{e}{t}$; co znaczy: że chcąc znaleźć w biegu iednostajnym czas; potrzeba drogę rozdzielić przez prędkość, a biorąc iloraz z drogi przez czas; wypadnie prędkość.

Przypuśćmy znowu, że drugie ciało bieży z tą samą prędkością, lecz przez czas różny, czyli że $e' = t'v$; na ten czas będzie $e' = t'v$; czyli, że w biegu tym drogi rosną w stosunku czasu. Gdyby znowu $e' = tv$; na ten czas byłoby $e' = v$; czyli że w czasach równych, drogi przebieżone są do siebie w stosunku prędkości.

BIEG IEDNOSTAJNIE PRZYSPIESZONY.

41. Inaczej dzieie się, gdy siła *nieustająca iednostajna* porusza ciałem, czyli gdy siła nie tylko ciało do biegu nakłoni, lecz go jeszcze ciągle pod czas biegu z iedną mocą popycha. Z tego co poprzedziło domyślamy się, że prędkość ciała biegnącego musi tu wzrastać: skoro bowiem na mocy *bezwładności*, ciało raz pehnięte, bieży wiecznie; gdy zaś ciągle popychane będzie, co raz prędzej pobieży. Iakoż, gdy np. popehniemy kolo po ziemi, kolo to potoeży się, i z czasem spoeźnie; lecz gdy za nim biedz, i ciągle popychać go będziemy; kolo to co raz prędzej biedz będzie, tak dalece, że nastąpi kres, w którym nas odbieży, tak iż go przez nieiaki czas doścignąć nie będziemy mogli.

42. Aby prawa tego biegu zrozumieć, uważmy, że siłę *nieustającą iednostajną*, poczytać można za siłę *przemiatającą*, co chwila bardzo mała powtarzającą swe razy. Iakoż gdy sobie podzielimy czas na chwile bardzo małe, na decymy np. wtedy będziemy mogli utrzymywać, że siła przyspieszająca nie ciągnie ustawicznie, lecz co decyma raz poszarpuie w ten sposób, iak dzwoniący sygnaurę. To założywszy,

przypuśćmy, że na początku pierwszej decymy, siła pierwszy raz uderza: na ten czas ciało biegłoby już ciągle i iednostajnie, z pewną na decymę prędkością, którą wyrażmy przez 1: lecz na początku decymy drugiej, siła drugi raz uderzy, ciało więc nowę nabędzie prędkości, a ponieważ siła iednako uderza, w tęg za tęg decymie nada prędkość równą pierwszej. Z powodu więc pierwszego uderzenia, w drugiej decymie biegłoby już z prędkością 1, a zatę z powodu dwóch uderzeń równych, z dwa razy większą prędkością odtąd biedz będzie. Tym sposobem znówu biegłoby iednostajnie na wieki, z prędkością 2 co decyma, lecz z powodu nowego uderzenia w trzeciej decymie, nabędzie prędkość 3, w czwartej 4, w piątej 5, ... Widzimy przeto, że *prędkość w biegu iednostajnie przyspieszonym rośnie, tak iak czas, to iest, w stosunku liczb naturalnych 1, 2, 3, 4, 5, ...* co znaczy, że gdy np. ciało w pierwszej decymie nabývá prędkości takiej, że bez nowego popędu siły, w każdej następującej decymie po 10 sążni ubiegać może; to gdyby dopiero po dwóch decymach siła nastaiąca działać przestała; nastąpiłby bieg iednostajny, z prędkością 20 sążni na decymę, a po trzech decymach, z prędkością 30, po czterech, z prędkością 40 sążni....

43. Prędkość biegu iednostajnego, któryby następował, po iednostajnie przyspieszonym, gdyby siła działać przestała, zowie się *prędkością końcową*, i uważa się za prędkość biegu przyspieszonego. Chcąc przeto prędkości dwóch biegów przyspieszonych porównać z sobą; trzeba tylko, prędkości końcowe, przez oba ciała w czasach równych nabyte, po upływie np. 1, lub 2, lub 3, ... sekund, porównać z sobą. Do ocenienia ilości ruchu ciała w tym biegu, te same także biorą się prędkości.

44. Droga w biegu iednostajnie przyspieszonym wynajduje się, *mnożąc drogę, w pierwszej iednostce*

czasu przebieżoną, przez kwadrat z czasu. Jeżeli ciało w pierwszej sekundzie ubiega 15 stóp, a bieży przez 10 sekund; całkowitą drogę tego ciała wyrazi iloczyn $15 \times 10^2 = 1500$ stóp. W ogólności oznacza się to przez $e = gt^2$; gdzie e = drogę całkowitą, g = drogę w pierwszej iednostce czasu przebieżoną, t = czas czyli liczba takich samych iednostek, iak pierwsza.

45. Droga w tym biegu rośnie iak kwadrat z czasu, to iest, gdy ciało bieży 2, 3, 4, razy dłużej, ubiega drogę 4, 9, 16, razy większą, bo gdy ciało raz bieży przez czas t , drugi raz przez t' ; będzie $e = gt^2$, tak iak wyżej, tudzież $e' = gt'^2$, a stąd $e : e' = gt^2 : gt'^2 = t^2 : t'^2$.

46. Drogi cząstkowe idą szeregiem liczb nieparzystych, to iest, w drugiej iednostce czasu droga iest 3, w trzeciej 5, w czwartej 7, i t. d. razy większa iak w pierwszej. Bo gdy drogi całkowite, czyli w 2, 3, 4 iednostkach czasu razem, rosną iak 1, 4, 9, 16, ...; odiawszy przeto drogę pierwszej iednostki, od dwóch pierwszych; na drogę w samej drugiej otrzymamy 3. Odiawszy podobnie 4 od 9; 9 od 16, ... otrzymamy 5, 7 na drogę trzeciej i czwartej iednostki. Gdyby więc ciało w pierwszej sekundzie ubiegło 15 stóp, w 2giej, 3ciej, 4tej, ... ubieży 45, 75, 105, ... stóp.

S I Ł A W Y P A D K O W A .

47. Gdy kilka sił działa na ciało w kierunku iednej linii prostej, i w tę samę stronę; działanie sił dodaje się do siebie, i ciało postępuje zupełnie tak, iak gdyby tylko iedna siła, równa ich summie działała. Ta iedna siła, wypadaiąca z działania kilku sił, i sprawuiąca ten sam zupełnie skutek, *Wypadkową* się nazywa, a siły tę wypadkową składiące, nazywaią się też *Składiącemi*.

48. Wypadkowa nie zawsze równa się summie składiących, iakoż gdy dwie siły działaią na ciało

w kierunku iednej linii prostej, lecz w przeciwnęstrony; na ten czas wypadkowa równa się tylko różnicy sił składających, i ciało bieży w stronę siły większej, z taką tylko prędkością, jaką mu pomieniona różnica sił nadaie. Więc, gdy w kierunku iednej linii, dwie siły równe przeciw sobie działają; wypadkowa $= 0$, i utrzymywać można, że w ten czas na ciało żadna nie działa siła. Gdy zatem takie dwie siły na ciało spoczywające działają, pomimo działania tego, ciało spoczywać będzie, a gdy na ciało ruszające się działać będą; w biegu tego ciała żadna nie zajdzie zmiana.

49. Gdy kierunki sił czyniły z sobą kąt 0° ; wtedy wypadkowa równała się summie składających, a gdy pod kątem 180° działały; na ten czas wypadkowa była różnicą składających: gdy więc ze sobą wszelki inny kąt czynić będą; wypadkowa musi być mniejsza od summy, a większa od różnicy sił składających. Jakż dowieść można, że wypadkową tę wyobraża przekątna równoległoboku, z sił składających zbudowanego: to iest, wystawmy sobie, fig. 2, że na ciało a działa dwie siły P, Q , i przypuścmy, że ciało samą siłą P popchnięte, w pierwszej sekundzie ubiegłoby drogę ap , i znowu w téjże saméj sekundzie przebiegłoby drogę aq , gdyby sama siła Q działała; gdy więc obie siły razem działać będą; ciało nie pójdzie ani po ap , ani po aq , lecz w téj sekundzie przebieży drogę ar , tak jakby zamiast dwóch sił P i Q iedna siła R działała, której wielkość tak się ma do wielkości sił P i Q , jak się mają linie ar, ap, aq do siebie. Zamiast przeto dwóch sił P i Q , działających pod kątem, z tym samym skutkiem zawsze można użyć siły trzeciej, byle iéj wielkość była tyle razy większa lub mniejsza od siły P , lub Q , ile razy przekątna ar równoległoboku sił składających, iest większa lub mniejsza od boku ap lub aq , tegoż równoległoba-

ku. Boki któregokolwiek z trójkątów arp , lub arq , wyobrażają stosunek wypadkowej do składających, a że ieden bok trójkąta zawsze iest mniejszy od summy, a większy od różnicy dwóch pozostałych boków; wypadkowa przeto dwóch sił działających pod jakimkolwiek kątem, byle nie 0° i nie 180° , nie może być równa ani summie, ani różnicy sił składających.

50. Lecz gdy siły działają w iedną stronę na ciało, f. 3, tak jakoby na linią ab działały; wypadkowa znowu równa summie, działa w tę samą stronę co składające, iest do nich równoległa, i kierunkiem swym linią ab , dzieli na odcinki ca i cb , odwrotnie proporejonalne siłom składającym, to iest, ile razy siła P , większa od siły Q ; tyle razy cb musi być większe od ca , w ogólności zaś

$$\begin{aligned} P: Q &= cb: ca, \text{ czyli} \\ P \times ca &= Q \times cb; \text{ a zatem} \\ \text{gdy } P &= Q; \text{ na ten czas} \\ cb &= ca, \text{ to iest: że} \end{aligned}$$

kierunek wypadkowej dwóch sił równo odległych, równych, w tę samą stronę ciągnących, dzieli na dwie równe części linią, na którą siły składające działają. Punk c , w którym wypadkowa przecina linią ab , nazywa się *punktem przyczepienia wypadkowej*, iloczyn zaś $P \times ca, Q \times cb$ momentów statycznych noszą nazwę. Okazuje się zatem, że wypadkowa tak zawsze linią dzieli, że momenta statyczne są sobie równe.

51. Wypadkowa równa się ieszcze różnicy, gdy siły równoległe, linią w strony przeciwne ciągną, i działa do nich równoległe, w tę stronę co siła większa, a punkt iéj przyczepienia znajduje się na przedłużeniu linii, na którą siły działają, w odległości odwrotnie także ich wielkościom proporejonalnej. Gdy np. siły, fig. 4, P, Q , działają równoległe na linią ab , w strony przeciwne; na ten czas wypadkowa $= P - Q = R$, działa równoległe w stronę siły większej P , i iest przycze-

piona w c , tak iż $P: Q = cb: ca$. Gdy więc $P=Q$; na tenczas $cb=ca$; wtedy nie masz wypadkowej czyli takiej siły, któraby dwie siły równe, równoległe, w stroiny przeciwne działające, zastąpić mogła. Dwie takie siły zowią się *Parą sił*.

52. Prawo Równowagi. Ile razy przeto dwie lub więcej sił, w jakimkolwiek kierunku działa na ciało; przyczepiwszy siłę równą i przeciwną wypadkowej; równowaga nie zepsunie się, chyba że siłami działającymi jest para sił: w ten czas naprzeciw każdej trzeba przyczepić siłę równą, gdyż inaczej powstanie bieg wirowy. Gdy jednak para sił jest niustająca, i zawsze równoległe do iednej linii działającej; wtedy ciało zrobi tylko część obrotu i stanie tak, że para sił iedną linią utworzy. Gdy np. fig. 5, na linią ns działa para sił niustających P, Q , równoległe do linii pq ; równowaga nastąpi, gdy po zrobieniu części okręgu koła ss ; linia ns tudzież siły P, Q , staną na linii pq .

ROZDZIAŁ III.

CIĘŻKOŚĆ.

CIAŁA STAŁYCH.

53. Każde ciało podniesione z ziemi, i puszczone, samo upada. Mówimy *samo*, lecz wiemy, że ciała same sobie ruchu nadadź nie mogą: wnieśmy więc stąd, że jakaś siła ciągnie ciało do ziemi. Siłę tę *Ciężkością* albo *Ciążeniem* nazywamy. Lecz nie na tém tylko ogranicza się działanie ciężkości: kołysanie się wahadeł, płynienie rzek, wypływanie ciał na powierzchnię wody, unoszenie się ich w powietrzu, wylewanie się cieczy z naczyń, i niemal cały porządek świata powszechnego, jest skutkiem tej siły, iak o tém w krótkości wspomnimy.

54. Kierunek ciężkości. Kamień zawieszony na sznurku, czyli pion, wskazuje nam kierunek,

w którym ciężkość działa: czemuż bowiem nie upada w tym razie, choć na niego działa pomieniona siła? widać, że naprzeciwko niej działa równa i przeciwna siła sznurka. Kierunek więc działania ciężkości, z kierunkiem sznurka, w iedną linią prostą schodzić się musi. Linia ta, po której ciężkość działa, czyli po której ciała spadają, zowie się *pionową*, *wierzchołkową*, albo *zenitalną*, a punkt, który nad nami na niebie wytyka, *wierzchołka* albo *zenitu* nosi nazwisko. Płaszczyzna do tej linii prostopadła, nazywa się *poziomą* albo *poziomem*.

Ponieważ bryła ziemiska jest kulą, a kierunek pionu jest prostopadły do tej powierzchni, bo jest prostopadły do powierzchni oceanu; kierunek więc działania ciężkości, przez środek ziemi przechodzić musi. Uważając przeto ciążenie na całej powierzchni ziemi, kierunki działania jego czynić będą kąty, których wierzchołki są w środku ziemi, tak iak wierzchołki kątów promieniami kuli utworzonych. Lecz kątów tych ramiona w niewielkich odległościach uważane, tak mało względem siebie są nachylone, że pochyłość tę zupełnie zaniedbać, a kierunki ich zarówno odległe poczytać można. I tak, dwa piony trzymane od siebie w odległości 700 stóp blisko, za ledwo czynią z sobą kąt nieco większy od 6".

55. Ciężkość jest siłą niustającą, bo ciągle działa. Jakoż, gdy ciała leżą, na podniesienie ich, potrzeba siły proporcjonalnej massie, tym czasem, podług prawa bezwładności, gdyby żadnej nie miały mocy, najmniejsza siła, największą massę, do biegu nakłoniłby winna. Prócz tego, gdy je podniesiemy, i puścimy; w każdym czasie, bez żadnego popehnięcia, spadają.

56. Ciężkość pod pewnym warunkiem jest siłą iednostajną, to znaczy, że się na wszelki atom, we wszelkich wysokościach, do któ-

rych zwyczajnie wznosi się człowiek, z równą wywiera mocą. Atom powietrza, jest z taką mocą od ziemi ciągniony, iak atom wody lub ołowiu, i to w każdej wysokości, byle tylko różnice tej wysokości, w porównaniu z promieniem ziemskim, żadnego nie miały znaczenia, czego przyczynę zobaczymy na swoim miejscu. Z iakićkolwiek przeto wysokości, byle nie przechodzącej pomienionych granic, spuszczaemy ciało, droga jego w tym samym przeciągu czasu, jest też sama. Czy masa tego ciała będzie większa, czy mniejsza, czy to wreszcie będzie ołów lub korek, jeszcze ten sam wypadek nastąpi, tak dalece, że gdyby wszystkie ciała były razem z iedną wysokości spuszczone; razemby ziemi dosięgły. Lecz pamiętajmy o tém, że tu jest mowa o biegach bez przeszkody, a zatem bez oporu powietrza. Jakoż, weźmy walec szklany dęty, na kilkastóp długi, nakładzmy w niego ciała rozmaitych, wyciągnijmy z niego powietrze, trzymajmy go pionowo, a potem raptem koniec dolny wywróćmy do góry; zobaczymy, że rdzeń bżowy, piórko, i ołów razem upadną. Że więc ciała zwyczajnie puszczone, nie spadają razem, przyczyną tego iedynie jest opór powietrza.

57. Ciężkość, ciężar, środek ciężkości. Właściwie mówiąc, przez *ciężkość*, rozumi się siła przyciągająca ziemi, na ieden atom ciała wywierana. *Ciężarem* nazywa się wypadkowa ciężkości, wszystkich atomów bryły ciała składających, i równa się sumie wszystkich tych ciężkości, albowiem działanie ciężkości, na każdy atom jest pionowe, a piony tak bliskie, iak atomy, za doskonale równoległe poczytać można l. 54. *Środkiem ciężkości* ciała jest punkt, przez który też wypadkowa przechodzi. Środek ten uważany być może iako punkt, w którym ciężkość całego ciała jest zgromadzona, dla tego podparwszy lub zawieszwszy ciało na linii pionowej, przez ten

punkt przechodzącej, l. 54, ciało spoczywa. Oczywiście jest rzeczą, że tym sposobem na kierunku działania wypadkowej stawiamy opór, i dla tego ciało nie spada, l. 52.

Gdy w bryle foremnej masa ciała jest iednako rozłożona; środek ciężkości tego ciała w środku ieo-metrycznym przypada. I tak: w waleu i graniastosłupie, wszędzie iednej gęstości, jest na środku osi, a w kuli schodzi się z iej środkiem: więc środek ciężkości całej bryły ziemskiej, jest w iej środku. Z tego powodu twierdzimy, że ciężkość wywiera się ze środka kuli ziemskiej.

Nauka o środku ciężkości rozwiazuie bardzo wiele ciekawych zdarzeń: sztuka tańczenia po linie, na niej wyłącznie polega. *Skoczki Chińskie*, *Walec*, i *Ostrokrąg toczący się do góry*, służą także do tego rodzaju naukowych zabawek. Budowa wieży pochyłych, w Pizie i Bononii, na tej samej podobnie opiera się zasadzie. Ponieważ wieże te są zbudowane w ten sposób, że pionowa, na której środek ciężkości, przez podstawę przechodzi, nigdy więc upaść nie mogą.

58. Ciężar, Masa. Ponieważ wypadkowa ciężkości atomów, składających ciało, równa się summie; ciężar więc ciała tém będzie większy; im większa ilość atomów składać go będzie: a że ilość atomów składających ciało, masą nazywamy; ciężar więc ciała wzrasta w stosunku masy, a zatem, *ciężar ciała jest miarą jego masy*. Ponieważ znowu ciężaru ciała dochodzimy za pomocą wagi; waga więc służy zarazem i do dochodzenia masy ciała, czyli ilości materii. Z tej przyczyny ciężar ciała, za jego masę, i na odwrot, masę ciała za jego ciężar zawsze brać możemy.

Teraz poiąć łatwo, dla czego ciała mają rozmaitą wagę czyli ciężar, a przecie z równą upadają prędkością (w próżni). Ile razy bowiem większa masa,

tyłe razy większy ciężar, czyli wypadkowa ciężkości, czyli siła, ciągnąca ciało do ziemi, lecz wiemy, l. 36, że gdy siły proporcjonalne massom, prękości muszą być równe. Tam gdzie 10 razy większa siła, jest też 10 razy większa massa do ciągnięcia. Lecz nie sądzimy znowu, że uderzenie od rozmaitych mass spadających, powinno być równe, bo ilość ruchu jest iloczynem z massy przez prędkość, l. 37.

59. Ciężar gatunkowy, gęstość. Powiedzieliśmy wyżej, l. 13, że przez ciężar gatunkowy rozumi się ciężar ciał rozmaitych, w tej samej objętości. Widzimy tu, że ciężar ten rosnąć musi z gęstością w tym samym stosunku, tak że ile razy gęstość większa; tyle razy i ciężar gatunkowy musi być większy. Słowem, stosunek gęstości, jest stosunkiem ciężaru gatunkowego, możemy więc zawsze ciężar gatunkowy brać za gęstość, i odwrotnie, choć te dwie rzeczy, co do natury są zupełnie od siebie różne.

60. Ciężar gatunkowy ciała, jest ilorazem z jego ciężaru bezwzględnego przez objętość. Chcąc poznać ciężar gatunkowy ciała, czyli gęstość, zdawałoby się, że inż równe objętości, koniecznie nadawać, a potem dopiero ważyć je wypada. Lecz nie mamy potrzeby w nadawaniu objętości równej, tyle podejmować pracy, dosyć jest tylko brać ciała, tak jak się w naturze znajdują, ważyć je, dochodzić objętości, a potem obrachowywać ich wagę w tej samej brylowatości. Dajmy na to, że ciało

A waży 100 lutów, w objętości 100 cali sześci.

B — 400 — , — 200 — —

C — 900 — , — 300 — —

Wagę jednego cala sześciennego

Ciała *A* będzie $\frac{100}{100} = 1$ lut,

— *B* — $\frac{400}{200} = 2$ —

— *C* — $\frac{900}{300} = 3$ —

Stąd wypada, że ciało *B* dwa razy, *C* trzy razy jest cięższe od *A*, do tego zaś wypadku doszliśmy, dzieląc wagi bezwzględne, przez odpowiadającą objętość, a więc ciężar gatunkowy czyli gęstość ciała, równa się ciężarowi bezwzględnemu, podzielonemu przez objętość, czyli że $d = \frac{p}{v}$; gdzie *d* znaczy gęstość, *p* ciężar bezwzględny czyli massę, *v* objętość ciała. Z tego równania wypada, że:

1.) Waga ciała czyli ciężar równa się gęstości, pomnożonej przez objętość, gdyż $p = dv$.

2.) Objętość ciała równa się ciężarowi, podzielonemu przez gęstość, bo $v = \frac{p}{d}$.

3.) Gęstości są w stosunku prostym ciężarów, rozmnożonych przez odwrotny stosunek objętości, bo gdy $d' = \frac{p'}{v'}$; na ten czas $d : d' = pv' : p'v$.

4.) Przy objętości równej, gęstości są w stosunku ciężarów, bo gdy $v = v'$; na ten czas $d : d' = p : p'$.

5.) Gdy wagi równe, gęstości są w stosunku odwrotnym objętości, bo gdy $p = p'$; wtedy $d : d' = v' : v$.

61. Ciężar drąga. Gdy drąg jest foremny, gdy np. jest walcem lub graniastosłupem, i wszędzie jednak gęstości; środek jego ciężkości znajduje się na środku osi. Okoliczność ta tłumaczy wszelkie przypadki równowagi i ruchu drąga, i tak: że drąg w samym środku ciężkości *c*, fig. 6, podparty, czyli zawieszony na osi poziomej, przechodzącej przez środek osi, we wszelkiem położeniu zachowuje spoczynek, to jest, iakkolwiek: poziomo, pionowo, czy ukośnie ustawiony będzie, zawsze się w równowadze utrzyma. Drąg taki uważać można, iakoby nie miał ciężkości, lub że w środkach ciężkości *n*, *n'*, jego połówek czyli ramion, są poprzeczepiane ciężary, albo siły równolegle równe: a więc równowaga w tym razie utrzymałaby się jeszcze, gdyby po końcach drąga, lub w któ-

rychkolwiek punktach, byle iednako oddalonych od podpory, były poprzyrzepiane siły równoległe równe.

2re. Drag taki zawieszony w punkcie a , znajdującym się na pionowej, przez środek ciężkości przechodzącej, podobnież w kierunku poziomym równowagę zachowa, bo kierunek sznura, lub t. p. wieszadła, będzie naprzeciw wypadkowej jego ciężkości: lecz w żadnym inném położeniu utrzymać się nie może, bo przypuściwszy na moment, że mu nadamy położenie ukośne, tak iż n będzie na dole, a n u góry; na ten czas środek ciężkości c wyjdzie z pionowej, rysując łuk cb , dopóty więc nie spocznie, aż wróci na pionową zg , a powrót ten będzie bardzo spieszny.

3cie. Gdy podpora będzie w r , pod środkiem ciężkości; i tu równowaga tylko na poziomej nastąpić może, gdyż inaczej środek ciężkości wyszedłszy z pionowej zg , po łuku ce spadać będzie.

4e. Równowaga w żaden sposób utrzymać się nie może, gdy podpora mimo pionowej, przez środek ciężkości przechodzącej, znajdować się będzie. Gdyby np. podpora była w $\frac{1}{4}$ długości od iednego z końców; na ten czas z iednej strony podpory byłby trzy razy większy ciężar niż z drugiej, a prócz tego ciężar większy przypadłby trzy razy dalej od podpory, niż ciężar mniejszy, bo środek ciężkości ćwierci drąga jest na $\frac{1}{2}$ całej długości drąga od podpory, więc trzech ćwierci trzy razy dalej. Gdyby drag taki dźwigał po swych końcach ciężary: te podług 1. 50, musiałyby się mieć do siebie w stosunku odwrotnym ramion, tak iż ciężar 10 razy większy, powinien być zawieszony w odległości od podpory 10 razy mniejszej. Należałoby tu ieszcze w ten stosunek wprowadzić ciężar samego drąga, lecz w największej liczbie Przypadków, masa drąga za nic się poczytuje, bo jego waga w stosunku sił na drag działających jest bardzo mała.

62. Ciężar bloka. Blok iestto kolo obracające się na osi, z rowkiem na obwodzie, ażeby się sznur z niego nie spłozil, fig. 7. Kolo to podobnież, gdy iest wszędzie równo gęste, uważane bydz może, iakoby nie miało ciężkości, iest bowiem zbiorem dragów $aa, bb, cc, dd, \dots$ w samym środku podpartych, a ponieważ drag taki we wszelkiem położeniu spoczywać może; więc i blok, iakkolwiek nastawiony, w równowadze się utrzyma. Równowaga ta ieszcze w ten czas zachowaną będzie, gdy na końcach sznura iednakowe ciężary gg , zawieszone będą. Z tém wszystkiem, na wagę sznura i tarcie osi, o którym mówiliśmy wyżej, podobnie iak w dragu, potrzeba dawać baczenie.

63. Narzędzie do dochodzenia ciężaru i gęstości ciał, czyli waga. Dwa są przymioty dobrej wagi: *prawdziwość* i *czułość*: zobaczymy, na czém, każdy z nich polega

Chcąc zważyć ciało, kładziemy go na iednym talerzu, a na drugim gwichty: gdy drążek stanie poziomo, rachuiemy gwichty, i z liczby ich wnosimy o wadze ciała, w tém mniemaniu, że ciężar gwichtów równy ciężarowi ciała. Przypuściwszy, że drążek wagi iest linią matematyczną; na ten czas ważenie ciał nieczém inném nie będzie, tylko działaniem sił równoległych, w iedną stronę linią prostą ciągnących, 1. 50, których wypadkowa ponieważ zawsze przez środek linii przechodzi; aby więc pomimo takowego działania sił, drążek mógł w równowadze pozostać; trzeba go w samym środku długości podeprzeć. Lecz drążek iest ciężki: ażeby więc ciężar jego, równości pomienionych sił nie zmieniał; środek jego ciężkości powinien przypadać na pionowej, przez punkt podpory przechodzącej. Warunek ten wymaga, ażeby ramiona drąga były doskonale symetryczne, co do gęstości, postaci, i wielkości, tak iżby przystać mogły

do siebie, gdyby iedno było w drugie włożone. To, co o ciężkości drąga mówimy, stosuje się także i do talerzy z ich wieszadłami.

Gdy pomienione warunki dopełnione zostaną; waga będzie prawdziwa, lecz do ważenia kosztownych przedmiotów niezdatna, albowiem zbudowawszy wagę podług danego przepisu, zobaczymy jeszcze, że na którymkolwiek talerzu można kłaść pewne ciężarki, a nie dostrzeżemy żadnej odmiany w równowadze drąga. Tę nieczulości wagi są dwie następujące przyczyny: *naprzód*, że środek ciężkości drążka jest zanizko pod osią; w ten czas bowiem, lubo drążek tak nieznaeznie schodzi z poziomu, iż nas o tem nie ostrzega oko; środek ciężkości jego opuszcza przecież pionową, przechodzącą przez podpórę, i działa przeciw sile, przeważającą drążek, tak *np.* gdy na lewym talerzyku położymy iaki ciężarek; środek ciężkości drążka na prawo pomienionej linii przechodzi. *Drugim powodem* nieczulości, jest zahaczenie się osi drąga o swe łożysko, czyli tarcie, na pokonanie którego potrzeba także pewnej siły. Ażeby tę zawadę ile możności zmniejszyć; oś drążka równie iak łożysko daie się z materiału twardego, pierwszy zwyczajnie ze stali, a drugi z agatu, to oboje gladzi się iak najdokładniej, a tamtemu nadaie się postać noża grubego.

Dopełniwszy tych warunków, jeszcze waga do ścisłych doświadczeń, mianowicie fizycznych, chemicznych, i w farmacyi służyć nie może: niepodobieństwem albowiem jest, żeby Mechanik wszystkim pomienionym warunkom, ze ścisłością matematyczną mógł uczynić za dosyć. W tych razach ważenie odbywa się na jakiegokolwiek wadze, sposobem następującym. Kładzie się ciało na iednym talerzu, a na drugim iakiegokolwiek ciężary, *np.* śrut: gdy równowaga zajdzie; zdejmue się ciało, a na jego miejscu

kładą się gwiehty dopóty, dopóki drugi raz równowaga nie nastąpi: w ten czas liczba gwiehtów z wszelką dokładnością da nam poznać wagę ciała: iak bowiem tamte, tak i to, u iednego ramienia drąga wieszane były, co na to samo wychodzi, iak gdyby wążone były razem na drągu, mającym ramiona pod wszelkimi względami iednakie.

Chcąc poznać, czy waga iest prawdziwa; dosyć iest zważyć ciało, potem przelożyć gwiehty na miejsce ciała, a ciało w miejsce gwiehtów, i uważać, czy równowaga i w tym razie zachodzi.

Gdy talerze wagi u spodu są zaopatrzone haczykami; waga taka *hydrostatyczną* się nazywa.

SPADANIE I WZNOSZENIE SIĘ CIAŁ PIONOWE.

64. Pod l. 55 i 56 okazaliśmy, że siła ciężkości iest nieustająca i iednostajna, prawa więc przytoczone pod l. 42, 43, 44, 45, i 46, służą biegowi ciał samopas spadających. Idzie więc tylko o sprawdzenie tego doświadczeniem. Przez proste spuszczenie ciał okazać tego nie można, iużto z powodu oporu powietrza, iuż też dla tego, że prędkość ciał spadających iest tak wielka, iż niepodobieństwem iest, dokładnie schwyć początek i koniec upadku. Do tego rodzaju doświadczeń służy *machina Atwooda*.

Machina ta składa się z trzech głównych części: z pionowego bloczka, na którym u cienkiej nitki są zawieszzone wagi, doskonale równe: *powtórę*, z linii pionowej, i z zegaru, białego sekundy, który bieg swój minutowy wraz z biegiem ciała zaczyna. Budowa ięj na tém polega, że zmniejszając moc siły nieustającej, nie zmienia się przez to praw ięj działania, tylko się wypadki bezwzględne zmniejszają: zmniejszając zaś potęgę działania siły ciężkości, możemy spadanie ciał tak powolnem uczynić, że w biegu swym z oczu naszych znikać nie będą.

Wagi zawieszone u bloczka, poczytać można za pozbawione ciężkości, bo sobie wystawić należy, iakoby zawieszone były u końców linii, w kierunku średnicy poziomej bloczka idącej, i w samym środku podpartej, l. 50, iakoż, czy wyżej czy niżej nastawione będą, w równowadze zostaną. Lecz gdy na iednej z nich położymy ciężarek; ciężkość iego pobudzi obie wagi do ruchu: siła więc iego rozdziela się na sumę obu wag i swoją, l. 36, ile razy przeto summa ta będzie większa od masy dodatkowego ciężarku; tyle razy siła ciężkości poruszająca niemi, będzie słabszą. Jeżeli zatem obie wagi czynią 99 gran, a dodatek tylko ieden gran wynosi; siła tego grana rozdzieli się na masę 100 razy od siebie większą, spadek więc 100 razy będzie powolniejszy. Na podziałce więc linii, można obserwować drogi, a czas na nie łożony, sam zegar machiny wskazuje.

65. Gdyby ciało nie puszczone poprostu, lecz popehnięte pionowo zostało; na ten czas bieg iego byłby złożony z iednostajnego i iednostajnie przyspieszonego, a formuła na ten bieg składałaby się z formuł obudwu tych biegów, czyli byłoby $e=vt+gt^2$. Gdyby więc ciało w górę pionowo rzucone było; ponieważ spadanie ciał iest przeciwne podnoszeniu się w górę; bieg zatem byłby iednostajnie opóźniony, a wzór $e=vt-gt^2$ wystawiałby iego drogę. Z równania tego wyprowadzićby można, że ciało z pewnej wysokości spuszczone, do tej samej wznosi się wysokości, gdy będzie wyrzucone z taką prędkością, iakięj nabyło, z téjże wysokości spadając.

Zdawałoby się, iż z doświadczeń na machinie Atwooda czynionych, prędkość biegu ciał spadających, czyli wartość g w formułach na bieg iednostajnie przyspieszony oznaczyć można. Potrzebaby bowiem tylko drogę pierwszej sekundy, znaną w machinie, wziąć tyle razy, ile razy w niej ciężkość osła-

biona została. Lecz wypadek tą drogą otrzymany, daleki byłby od ścisłości, z iaką go za pośrednictwem wahadła znaleźć można.

SPADANIE I WZNOSZENIE SIĘ CIAŁ PO ŁUKU KOŁOWYM
CZYLI WAHANIE.

66. Wahadłem w Fizyce iest nitka, lub drucik iak najlżejszy, w dolnym końcu obciążony małą kulką, ile bydź może ciężką, a w górnym przytwierdzony do ostrza stalowego poziomego, końcami swemi wspartego na dwóch kamieniach płaskich, wypolerowanych, fig. 8. Gdy kulka ta iest w spoczynku, nie *ab* musi wisieć pionowo, i kulka w ten czas uważana bydź może, iakoby nie była ciężką, albowiem kierunek nitki iest zupełnie przeciwny kierunkowi ciężkości, którą niech oznacza linia *bG*. Lecz sprowadziwszy ją z pionu pod kątem *np. bac*, który się kątem odvodu nazywa; w ten czas kierunek sznurka z kierunkiem wypadkowej ciężkości, czynić będzie kąt *acg*, to iest, w części tylko ciężarowi kulki sprzeciwiać się będzie, i w części go tylko pokona. Przedłużmy więc *ac*, i w punkcie *c* poprowadziwszy styczną *cd* do łuku *cb*; rozłożmy ciężkość $cg=bG$, na składające *cf* i *cs*: zobaczmy, że tylko część ciężaru kulki, którą wyobraża składająca *cf*, oporem nitki zniweczona zostanie, a resztą *cs* ciało biegłoby po stycznej *cd*. Odwodząc kulkę pod co raz mniejszym kątem; okaże się, iż taki rozkład siły ciężkości w każdym razie uskutecznić można, z tą różnicą, że *cf* co raz większe, a *cs* co raz mniejsze wypada w miarę, iak się kulka zbliża do punktu *b*, w którym cała ięj ciężkość znika. Tu więc kulka spocząłaby winna, lecz z powodu bezwładności, ustać w swym biegu nie może: biegłaby więc znown ciągle po obwodzie koła pionowego, narysowanego promieniem *ab*; gdyby w punkcie *b* na zawsze straciła ciężkość: lecz przeszedłszy na drugą stronę pionowej *ab*, co raz większego sprzeciwiania się cięż-

kości doznawa: z tego powodu znowu tylko się wznie-
sie do e , to jest, do takiej wysokości, z iakićj spadła,
1. 65. Gdy dosięgnie punktu e ; znajdzie się znowu
w tym samym przypadku, iak była w c , gdzie zatem
toż samo się, tylko w kierunku przeciwnym powtó-
rzy.....: dopóty więc kolysać się będzie; dopóki opór
powietrza i siła niegiętkości drucika, ićj biegu nie
zniszczy.

Z rozumowania tego pokazuje się, że bieg waha-
dłowy składa się z dwóch biegów: przyspieszonego,
gdy kulka do pionu zmierza, i opóźnionego, gdy się
od niego oddala: lecz przyspieszenie to i opóźnienie,
jest nieiednostajne, bo ciężkość tém słabiej działa;
im wahadło bliżej pionu, a tém mocniej, gdy kulka
bardziej oddalona od niego.

67. Droga przebieżona przez kulkę po łuku cbe , na-
zywa się *wachnieniem*: przez *wahanie* zaś rozumi-
się pewna liczba wachnień. Prawa biegu wahadło-
wego są:

1.) *Równoczesność wachnień*, to jest, że wahadło,
iakićjkolwiek *natury*, *ciężaru*, i *wielkości*, na prze-
bieżenie czy *większych* czy *mniejszych*, byle zawsze
bardzo małych łuczków, tego samego potrzebuje czasu.

2.) *Czasy wachnień są do siebie w stosunku pier-
wiastków kwadratowych z długości wahadła.*

Pierwsze prawo przybliżonym sposobem okazać
można, zawieszając na nitkach téj saméj długości,
kulki rozmaitej wielkości, *natury*, i *ciężaru*, np. pla-
tynową, mosiężną, korkową, z rdzenia bżowego....
nadając im rozmaity kąt odvodu, byle zawsze bardzo
mały, i przez pewien przeciąg czasu rachując wach-
nienia. Widzieć będzie można, że wszystkie w ró-
wnym czasie, np. w kwadransie, zrobią równą liczbę
wachnień, co dowodzi, że każde na odbycie iednego
wachnienia, tegoż samego potrzebuje czasu. Prawo
to jest najdoskonalszym dowodem iednostajnego dzia-

łania ciężkości na wszystkie ciała: gdyby bowiem
ciężkość mocniej iedne ciała od drugich ciągnęła;
iedne prędzejby się wahały, niż drugie, iedne zatem
w danym czasie większą liczbę wachnień uczyniłyby
od drugich. Na równoczesność wachnień powietrze
nawet żadnego nie wywiera wpływu: o ile bowiem
opór iego przedłuża spadanie wahadła, o tyle czas
wznoszenia się iego skraca.

Drugie prawo chcąc okazać, biorą się wahadła
różnej długości, np. iak 1, 4, 9,... puszcza się ie ra-
zem w bieg, i w równym czasie rachuje się wachnie-
nia. Z tego doświadczenia okaże się, że drugie wa-
hadło 2 razy, a trzecie 3 razy mniej, np. w kwadran-
sie zrobi wachnień, niż pierwsze, skąd wypada, że
drugie dwa razy, a trzecie 3 razy dłuższego potrzebuje
czasu, na zrobienie iednego wachnienia. Liczby 1, 2,
3,... są pierwiastkami kwadratowymi liczb 1, 4, 9,....

68. Długość wahadła. Każdy atom waha-
dła zwyczajnego, uważać należy za osobne wahadło,
którego długością jest odległość atomu od punktu za-
wieszenia, a ponieważ odległości różnych atomów są
różne; więc podług drugiego prawa wahań, rozma-
ite atomy, gdyby zostawały osobno, z rozmaity koly-
sałyby się prędkością. I tak: atomy tuż pod pun-
ktem zawieszenia będące, wahałyby się najprędzej,
końcowe najwolniej, ale ponieważ są ze sobą złą-
czone; razem kolysać się muszą, prędsze zatem dla
powolniejszych spóźniać się, a leniwsze dla prędszych
pospieszać będą. Z tém wszystkiém, pomiędzy ato-
mem najprędzszym a najleniwszym, w całej długości
wahadła, ieden przynajmniej taki znajdować się
musi, którego prędkość jest taka, iak gdyby się ko-
lysał osobno. Punkt, w którym się ten atom znaj-
duje, nazywa się *środkiem wahanja*, a odległość ie-
go od punktu zawieszania, jest *długością* wahadeł

zwyczajnych, i w całej nauce wahadeł, o takiej długości jest mowa.

Środek wahanja zawsze się poniżej środka ciężkości wahadła znajduje, lecz w takim wahadle, iakieśmy pod 1. 66 opisali, gdzie masa drucika w porównaniu z masą kulki, za nie poczytaną być może, środek wahanja z środkiem ciężaru kulki schodzi się prawie, tak iż wahadło to, do wynajdowania sposobem przybliżonym, długości wahadeł pospolitych służyć może. W tym celu obok wahadła zawiesza się pomieniona kulka, tak aby punkta zawieszenia w iednej znajdowały się wysokości, potem oba wahadła w bieg się puszczaia, i drucik kulki dopóty się przedłuża lub skraca, dopóki czasy wachnień tak kulki iak wahadła nie będą równe: w ten czas długość drucika, powiększona promieniem kulki, będzie długością wahadła.

W Matematyce wahadłem nazywa się ieden atom, kołyszący się na nitce bez ciężkości, niewyciągalnej, i doskonale giętkiej. Takie wahadło umysłowe, nazywa się *poiedynczem* czyli *prostem*: w niem długość nitki, odległość środka wahan od punktu zawieszenia rzeczywiście wyznacza. Wszystkie wahadła fizyczne są złożone, lecz kulka pod 1. 66 opisana, jest ze wszystkich wahadłem najprostszem.

69. Ponieważ bieg wahadłowy niczém inném nie jest, tylko spadaniem po łuku kołowym; pomiędzy więc temi dwoma biegami, pewien koniecznie związek zachodzić musi, iakoż Mechanika naueza, że czas wachnienia równa się pierwiastkowi kwadratowemu z długości wahadła, podzielonemu przez takiż pierwiastek z prędkości ciał spadających, a rozmnożonemu przez stosunek okręgu koła do średnicy, czyli

$$t = n \sqrt{\frac{l}{g}} \quad \text{gdzie}$$

t znaczy czas wachnienia, l długość wahadła, g prę-

kość ciał spadających, czyli ciężkość, n stosunek okręgu koła do średnicy. Rozmnożywszy obie strony tego równania przez n , będzie

$$nt = n^2 \sqrt{\frac{l}{g}}, \quad \text{gdzie}$$

jeżeli n znaczy liczbę wachnień; wtedy nt wyrażać będzie czas wahanja czyli c ; a zatem inaczej będzie

$$c = n^2 \sqrt{\frac{l}{g}}; \quad \text{skąd}$$

$$n^2 = \frac{g c^2}{l n^2}; \quad \text{a gdy znowu } N^2 = \frac{g c^2}{L n^2}; \quad \text{więc}$$

$$n^2 : N^2 = \frac{g c^2}{l} : \frac{g c^2}{L}.$$

Z proporcji téj wypada, że gdy wahadło téj saméj długości, waha się przez równy czas, pod wpływem różnej ciężkości, czyli, iak to zobaczymy później, w różnych szerokościach ieograficznych, że mówiąc, siła ta jest w stosunku prostym kwadratów z liczby wachnień.

Z tego wzoru dojść jeszcze można, że przy niezmienniej sile ciężkości, czyli w tem samem miejscu, długość wahadeł jest w stosunku odwrotnym z liczby wachnień. Na téj zasadzie w każdym miejscu można wynaleźć długość wahadła, białego sekundy, a stąd znowu dojść drogi, iaką ciała przebiegaia w próżni, pod czas pierwszej sekundy. Stąd okazałoby się, że długość wahadła sekundowego w Warszawie 994 millimetrów czyli blisko $41\frac{1}{2}$ cala naszego wynosi, i że ciało w pierwszej sekundzie swego spadania, 4,905 metrów, czyli 2452 $\frac{1}{2}$ linij naszych ubiega, co czyni przeszło 17 stóp naszych, a 15, 1 d. paryzkich.

70. Inne zastosowania wahadła. Prócz wymienionych już zastosowań, wahadło jeszcze wskazuje:

1od. Że ciężkość słabnie w stosunku kwadratów z odległości od środka ziemi, to jest: że w odległości 2,

3, 4, razy większej, ciężkość jest słabsza 4, 9, 16, razy, na górach albowiem, których wysokość ma pewne znaczenie względem promienia ziemi, to samo wahadło dłuższego potrzebuje czasu, na zrobienie jednego wachnienia 1. 56.

2re. Że ciężkość na Równiku jest naj słabsza, z szerokością ieograficzną wzrasta, a pod biegunami najmocniejsza, bo długość wahadła sekundowego na równiku jest najmniejsza, a stąd aż do biegunów wzrasta. Stąd okazuje się, że siła ciężkości pod równikiem, od siły ciężkości pod biegunami o $\frac{1}{175}$ jest słabsza, czego przyczynę niżej zobaczymy. Stąd jeszcze wypada, że prędkość spadania ciał, z szerokością ieograficzną powiększa się, że zatem w pierwszej sekundzie ciało spadające na równiku, najmniejszą drogę przebiega. Nadto, że ciała pod biegunem są najcięższe, a na równiku najlżejsze, o czém za pomocą wagi przekonać się nie można, bo ciężkość gwiezdów, w tym samym co i ciał, zmienia się stosunku.

3cie. Że przyciąganie wzajemne jest własnością powszechną materji, czyli że pomiędzy samemi ciałami ziemskimi, tak przyciąganie czyli ciężnienie zachodzi, iak pomiędzy ciałami ziemskimi a ziemią, obok albowiem gór wielkich, wahadło zawsze z pionu w stronę góry zbacza, a postrzeżenie to posłużyło do obrachowania masy całej bryły ziemskiej. Z doświadczeń tych wypada, że kula ziemską jest $5\frac{1}{2}$ razy cięższa, od takiej kuli wody, iak sama.

4te. Wahadło jest jeszcze istotną częścią zegarów, całą bowiem zaletą tych machin, jest bieg iednostajny czyli regularny, tym czasem do sprawienia w nich ruchu, używamy sił nieustających: *sprężystości*, iak w zegarach stolowych i kieszonkowych, tudzież *ciężkości*, iak w zegarach wieżowych i ściennych. Bieg zatem zegarów byłby przyspieszony, gdyby wahadła, przerywając peryodycznie działanie sił pe-

mienionych, nie zamieniały go na szereg biegów iednostajnych, z iedną prędkością po sobie następujących.

SPADANIE I WZNOSZENIE SIĘ CIAŁ PO LINII PARABOLICZNEJ.

71. Fig. 9. Niech linia *Am* oznacza poziom, niech ciało *A* po linii *AF* rzucone będzie w górę, pod pewnym kątem *mAF* do poziomu. Gdyby ciało to saméj tylko sile rzutu posłuszne było, na ten czas biegłoby iednostajnie po linii *AF*, z prędkością iednakową, przebywając co sekunda drogę *AB=BC=CD=...* lecz w tymże samym czasie ciężkość w kierunku linii pionowej *Af*, powołuje go do ziemi, usiłując co sekunda sprowadzić go do punktów *b, c, d, e, f, ...* w odległości 1, 4, 9, 16, 25, od punktu *A* będących: tym więc sposobem na końcu sekundy 1, 2, 3, 4, 5, w punktach *g, h, i, k, l, ...* równoległoboków *ABgb, AChc, ADId, ...* znajdować się będzie: przebieży zatem linią łamaną *Aghikl...*: ale gdybyśmy nie co sekunda, lecz w chwilach bardzo krótkich równoległoboki te budowali; na ten czas linia łamana, zmienilaby się w krzywą, nie zamkniętą, która nosi imię paraboli.

Powtarzając ten rysunek dla rozmaitych kątów rzutu względem poziomu, okazuje się, że ciało rzucone pod kątem 45° , najniższą lecz najotwartszą przebiega parabolę, — że pod kątem większym, co raz szerszą lecz coraz wyższą zakresła, — że pod kątem od 45° mniejszym, co raz mniejszą część téj linii rysuje, i wierzchołek iéj co raz bardziej się zbliża do punktu rzutu, — parabola ma swój wierzchołek w samym punkcie rzutu, gdy ciało poziomo wypchnięte, — i że na konie wierzchołek ten przechodzi na drugą stronę linii wierzchołkowej, z której ciało jest rzucone, gdy kąt rzutu znajduje się pod poziomem. Z tego powodu gdy chcemy iak najdalej rzucić, trzeba ciało

wypełnić pod kątem 45° , a gdy iak najwyżej; kierunku rzutu iak najmniej z pionu zbaczać powinien.

Z wykładu tego pokazuje się, że ciała tylko po linii pionowej bieg prosty odbywać mogą, że ile razy są rzucane pod kątem względem pionu, tyle razy z drogi prostéj zbaczają na dół. Zdawałoby się przeto, iż strzelcy zawsze nieco wyżej przedmiotu celować powinni, lecz wiedzieć trzeba, że wszystkie strzelby tak już są budowane, że błąd swój poprawiają same, mają bowiem postać ostrokręgu ściętego, celujący przeto mimowolnie ich osi potrzebne nadaie wzniesienie. Jeżeli zatem przedmiot strzału jest napoziomie oka; celujący pomimowolnie nad ten poziom wznosi wylot strzelby: nim przeto kula pożądanego celu dosięże; cokolwiek w biegu swym opadnie, i w miejscu przeznaczone trafi.

BIEG KOŁOWY I WIROWY.

72. Wszelki bieg krzywy, iak to już w biegu wahadlowym i parabolicznym uważać można było, powstaie z działania dwóch sił pod iakimkolwiek kątem, byle nie 0 i nie 180° , z których jedna przynajmniej niestająca być musi. J tak przypuścimy, że siła niestająca, ustawicznie ciągnie ciało a , fig. 10, do punktu s , i że spólcześnie siła rzutu popycha toż ciało w kierunku ab . Dajmy na to, żeby ciało w pierwszej jednostce czasu $np.$ w sekundzie, przebiegło drogę ac , gdyby go tylko siła niestająca ciągnęła, i że znowu w tym samym czasie ubiegłoby drogę af , gdyby sama przemiatająca siła na niego działała: w skutku więc obu tych sił, spólcześnie działających, ciało w tymże samym czasie przebieży przekątną ac . Stając w c , gdyby siła niestająca działać przestała; ciało biegłoby już wiecznie, kierunkiem téj przekątnej, z prędkością jednostajną, i w następnej sekundzie uszłoby $cd=ab$, lecz siła niestająca w tym samym czasie zmu-

sza go do przebieżenia drogi cg , więc znowu przebieży drugą przekątną ch , i t. d..... Tym sposobem ciało narysowałoby część $achi....$ obwodu wielokąta, podobnie iak w biegu parabolicznym: lecz gdybyśmy równoległobok sił powtarzali co chwila, nieskończenie mały; wielokąt ten zmienilby się w linią krzywą, której stycznymi byłyby linie ad , ck , $hn....$

Linia biegiem tym nakreślona, może być rozmaitej krzywizny, co zależy od wielkości i kierunku działania siły przemiatającej, lecz ze wszystkich tych ruchów najgodniejszym uwagi jest bieg po ellipsie i kole, które to biegi *środkowemi* się zowią. Bieg *kołowy* jest jednostajny, bo ciało po kole biegnące, zawsze się w iednej odległości od środka koła znajduje, z którego siła niestająca działa.

73. Ponieważ każdy bieg krzywy z działania dwóch sił pod kątem powstaie; w każdym więc siła trzecia, w kierunku przekątnej powstawać musi. Przekątne te przedłużane, iak to widzieliśmy pod l. 75, zamieniają się w styczne krzywosci. W każdym więc biegu krzywym, ciało z powodu bezwładności, w kierunku tych stycznych ze swéj drogi zejść usiłuje.

74. Usiłowanie to, które *siłą styczną* nazywać będziemy, daie znowu początek nowéj sile, działającej naprzeciw sile dośrodkowéj. Ta czwarta biegu krzywego siła, niestannie usiłuje ciało z swéj drogi w kierunku promienia od środka przyciągania odwieść, i dla tego *odśrodkową* się nazywa. Jakoż na łuku koła abf , fig. 11, którego środkiem s , weźmy łuczek ab tak mały, żeby go za linią prostą uważać można: łuczek ten będzie wypadkową siły stycznej ad i dośrodkowéj ac . Przedłużmy as , odetnijmy $ad=ac$ czyli sile dośrodkowéj, i połączmy c z d ; figura abd będzie równoległobokiem, którego przekątną siła styczna ad więc ad uważane być może znowu za wypadkową sił ab , ac , czyli na odwrot, utrzymywać można, że

sily ab , ac z sily styczney powstaia. Z tych sil składowanych, siła ac niszczy dośrodkową ac , i nawzajem przez nią jest niweczona, ciało więc tylko z powodu drugiej składającej ab bieży po kole.

Linia ac wyobraża tu siłę odśrodkową, która musi być zawsze równa sile dośrodkowej, gdyby bowiem była mniejsza; dośrodkowej nie niszczyłaby zupełnie, ciało więc różnicą tych sil *środkowych* pobięłoby do środka. Jak więc siła dośrodkowa nie pozwala ciałom zejść z swęj drogi po styczney; tak znowu siła odśrodkowa ustawicznie się sprzeciwia ich dążeniu do środka, i gdyby ostatnia siła działać przestała; księżyce spadłyby na swe planety, a te znowu razem z księżycami na słońce.

75. Siła odśrodkowa w kole równa się iloczynowi z czterech promieni, przez kwadrat ze stosunku obwodu do średnicy, podzielonemu przez kwadrat z czasu peryodycznego, skąd wypada, że rośnie w stosunku promieni, gdy czasy obiegu kół, czyli peryodyczne, są sobie równe.

76. Przykład biegu kołowego mamy w biegu wirowym wszystkich planet, a w szczególności w obrocie dziennym ziemi: każda bowiem cząstka ziemi w obrocie tym zakreśla koło, którego środek jest na osi kręcenia się ziemi. Biorąc tylko pod rozwagę szeregi cząstek na ćwierci południka, między równikiem a biegunem leżących; z łatwością dostrzedz można, że cząstka pod równikiem, największe koło zakreśla, że cząstki następujące z kolei, po co raz mniejszych kołach biegają, a punkt biegunowy żadnego nie doznaje ruchu. I tak: fig. 12, niech koło $roks$ znać kule ziemską, i razem południk, os os obrotu dziennego ziemi, rk równik, i jego średnicę. Cząstka r na równiku, zakreśla koło największym promieniem rd , następujące a , b , c ,... rysują koła co raz mniejszymi promieniami af , bg , ch ,... na ostatek punkt o ża-

dnego nie doświadcza ruchu: a że wszystkie te biegi odbywają się w czasach równych, bo się w przeciągu jednego dnia kończą; siła więc odśrodkowa w różnych punktach, rozmaita powstawać musi, bo ta w biegach kołowych, równoczesnych, jest zawsze proporcjonalna promieniom. Cząstka więc r od każdej następującej mieć będzie siłę odśrodkową tyle razy większą, ile razy promień równika jest większy od promienia równoleżników odpowiadających.

Z tego wszystkiego wypada, że tylko na samych biegunach ciężkość działa z całą swą mocą, że stąd zbliżając się ku równikowi, co raz bardziej siłą odśrodkową jest zmniejszana. Nigdzie więc ciała nie spadają z taką prędkością, jaką im siła naznacza, i nigdy nie są tak ciężkie, iak być winny. Na równiku są najlżejsze, i gdyby się tylko ziemia 17 razy obracała prędzej, straciłyby tam swą wagę zupełnie. O tem wszystkiém samo tylko wahadło przekonąć nas może, iakieśmy to już widzieli, gdyż co się tyeze wagi, ciężar gwichłków w tym samym stosunku maleje, co ciała ważonych.

ROZDZIAŁ IV.

CIEŻKOŚĆ PŁYNÓW.

Prawa działania sily ciężkości, wyprowadzone dla ciał stałych, i cieczom i ciałom lotnym służą, ale pomimo tego, ciężkość jest ieszcze powodem wielu zjawisk w płynach, które od ich wewnętrznej zależą budowy: dla tego zastanowimy się naprzd bliżej nad różnicami, iakie pomiędzy trzema głównemi stanami skupienia ciał zachodzą.

77. Różnice pomiędzy ciałami stałemi a płynami. Pod l. 7 powiedzieliśmy, że w ciałach stałych atomy z pewną trzymają się mocą, że w cieczach siła przyciągająca jest bardzo słaba, a w cia-

lach lotnych żadna. Dodajemy tu jeszcze, że spójność cieczy jest tak mała, iż ją za nie poczytać można. Taka więc pomiędzy ciałami stałymi a płynami, może być ustanowiona różnica, że pierwsze mają spójność a drugie jej nie posiadają. Z tego powodu atomy płynów za osobne brylki, za osobne ciała bardzo drobne, tak iak ziarka piasku, uważane być mogą. Stądto pochodzi, że płyny tak łatwo dzielić się dają, że najmniejsza siła postać ich zmienia, że kształt ich jest zawsze taki, iak naczyń, w których się przechowują. Słowem, atomy płynów z wszelką łatwością położenie względem siebie zmieniają, a własność tą zowie się *Ruchomością*.

78. Prawo Paskala. *Wszelka siła w płynach na wszystkie strony działa iednako.* Z różnicy zachodzącej pomiędzy ciałami stałymi a płynami, wypada: że cała bryła ciała stałego, w tym tylko kierunku działać musi, w którym iakakolwiek liczba jego cząstek jest popchnięta. I tak, gdy ciało iakie leżące na płaszczyźnie poziomiej, uciskamy pionowo; każda cząstka tego ciała ciśnie także płaszczyznę poziomą tylko z góry na dół. Gdy znowu ciało przy-ciskamy poziomo do muru; wszystkie cząstki tego ciała prą mur tylko w kierunku poziomym. Inaczéj dzieie się z płynami: tu wszelka siła, całą swą potęgę rozlewa na wszystkie strony, to jest, choć tylko np. działa pionowo z góry na dół; działanie to bez żadnego osłabienia rozechodzi się we wszelkich kierunkach, iakie tylko pomyśleć można, tak iż każda cząstka płynu, zarówno jest tą siłą popychana z góry na dół, z dołu do góry, z lewej strony na prawą i odwrotnie, tudzież ukośnie po wszystkich liniach, ile ich tylko przez ieden punkt poprowadzić można. Ten sam zupełnie następuje skutek, gdy siła wywiera się poziomo lub ukośnie. O téj własności płynów bardzo prostym sposobem przekonać się można: wziąć pę-

cherz, napelnić go wodą, zawiązać, i położyć na stole, a nacisnąwszy ręką, skłuć go szybko na całej powierzchni.

Lubo siła wywiera się tu iedynie z góry na dół; ciecz iednak wszystkimi dziurkami wytryskać będzie. Że dolnemi otworami wypływa; mniemać można, iż to jest skutek ciężkości, lecz że do góry wytryska; to iedynie działaniu siły naciskającej przypisać należy. Gdy zamiast wody zamknjemy powietrze w pęcherzu; na ten czas wiatr ze wszech stron pęcherza wiać będzie.

Z tego prawa wypada ten wniosek: że ciężkość w płynach nie tylko działa pionowo, tak iak w ciałach stałych, lecz że w nich jeszcze wywiera się na wszystkie strony, tak iż płyny nie tylko spadają tak iak ciała stałe, lecz i poziomo, i z dołu do góry, i we wszelkich kierunkach ukośnie. Na okazanie téj prawdy bardzo wiele dowodów przytoczyć można. I tak: przechowywamy ciecz w naczyniach, aby się nie rozlewały: cóż to znaczy? oto, podpieramy je nie tylko z dołu, lecz i z boków, aby w rozmaitych kierunkach nie upadaly. Wytryskanie wody z fontan, iak się o tém przekonamy niżej, jest spadaniem téj cieczy z dołu do góry. Zrobiwszy otwór w beczce, poniżej szpuntu; zobaczymy spadanie cieczy, naprzód z dołu do góry ukośnie, potem poziomo, dalej ukośnie z góry na dół, a naostatek pionowo, albowiem strumień przybierze postać linii parabolicznej, wypukłością do góry obróconej. Gdy nalewamy wody wiedno ramie rurki zakrzywionej; ciecz ta w drugiem ramieniu do góry postępuje, i t. d.

Z pomienionego prawa wypada jeszcze, że płyny ciężarem swym, nie tylko tłoczą powierzchnie poziome z góry na dół, lecz i z dołu do góry, że ciśnienie swe z obu stron wywierają na powierzchnie pionowe i ukośnie, że zatem nie tylko spoczywają na samém

dnie, lecz i na bokach naczynia. Ciecze więc i ciała lotne, gdy w nich jakie naczynie, choć ze wszystkich stron zamknięte nurzamy, nie tylko ciążą na jego powierzchnią zewnętrzną, lecz ciężarem swym uciskają jeszcze jego ściany wewnątrz, byle się tylko w niem znajdował, by też najmniejszy otwór. W mieszkaniach więc na podłogę, sufit, i ściany tak ciśnie atmosfera, iakby cała powierzchnia pokoju, pod gołym niebem na płaszczyźnie poziomej rozłożoną była. Pamiętajmy dobrze o tej prawdzie, bardzo często albowiem w dalszym ciągu odwoływać się do niej będziemy.

Na iednostajnym ciśnieniu płynów na wszystkie strony, polega budowa *Pompy tłoczącej*. F. 13, *ab* rura we wodzie, u góry otwarta, u dołu zamknięta, *l* tłok, zaopatrzony *f* klapą, na dół tylko otwierać się mogąca: *cde* rura węższa, *g* i jej klapa do góry otwierająca się. Gdy tłok do pewnej wysokości będzie wzniesiony, klapa *f* otworzy się, i woda wypelni całą rurę szerszą, a węższą tak wysoko, iak się utrzymuje woda w sadzawce lub studni, poźem klapa *g* własnym ciężarem zamknie swój otwór. Popychając tłok na dół; woda w rurach między klapami zamknięta, będąc z góry na dół uciskana, rozpiera się we wszystkich kierunkach, zamknie więc klapę *f*, a otworzy *g*, i wejdzie nad klapę w rurę węższą do pewnej wysokości. Podniosłszy tłok powtórnie, klapa *f* otworzy się, lecz klapa *g* przyciskana ciężarem cieczy nad nią będącej, zamknie się, i nie dozwoli jej opaść. Tym więc sposobem podnosząc tłoki i opuszczając, można rurą węższą prowadzić wodę tak wysoko, iak tylko dozwoli siła poruszająca tłokiem.

79. Warunki równowagi płynów. Ponieważ w płynach ciężkość działa na wszystkie strony; każdy więc ich atom, ciężarem atomów, nad nim będących, nie tylko pionowo na dół, lecz na wszystkie

strony, jest pchany: ażeby więc płyn mógł w równowadze zostawać; każda jego cząstka musi być ze wszystkich stron iednako parta, to jest: ciśnienie pionowe z góry na dół, musi być równe ciśnieniu z dołu do góry: parcie poziome z lewej na prawą, powinno się równać parciu z prawej na lewą, i t. d. i wszystkie te parcia nakoniec równe sobie być muszą. Warunek ten jest prostym bezwładności wypadkiem, gdyby albowiem cząstki płyn składające, z pewnej strony mocniej były pchane niż z przeciwniej; musiałby nastąpić ruch, w stronę parcia słabszego.

80. Z tego prawa wypływa drugie, że atomy na iednym poziomie leżące, iednako parte być muszą, czyli co na iedno wychodzi, że powierzchnia płynu zawsze być musi płaszczyzną poziomą. Gdyby bowiem, f. 14, w naczyniu *abcd*, powierzchnia płynu iakiego nie była płaszczyzną poziomą, lecz taką iak *afgh*, czyli gdyby atomy na iednym poziomie, *np* na *ik* leżące, nie były iednako przyciśnięte; na ten czas atomy leżące w części *ik*, byłyby mocniej na wszystkie strony, a zatem i w stronę prawą pchane, bo są wyższym słupem płynu przywalone. Dla przyczyny odwrotnej, atomy składające część poziomą *lk*, słabiejby parły w stronę lewą. Stąd wypada, że płyn z lewej strony na prawą dopóty przelewaćby się musiał, dopóki się obadwa te parcia z sobą nie zrównały, czyli dopóki powierzchnia płynu na iednym poziomie nie stanęła.

Ponieważ płaszczyzna pozioma w każdym miejscu jest prostopadłą do kierunku działania siły ciężkości, czyli do linii pionowej; stąd wypada, że powierzchnia oceanu musi mieć taką samą krzywość, iak powierzchnia bryły ziemskiej, że zatem powierzchnia oceanu jest kulista, pod równikiem nadęta, pod biegunami spłaszczona. Stąd także wypada, że płaszczyzny poziome cieczy w naczyniach, wody w jeziorach, sta-

wach, i studniach, są tylko małemi cząstkami pomienionej powierzchni. Stąd wypada jeszcze, że powierzchnia atmosfery, musi być równoległa do powierzchni ziemi, że atmosfera i bryła ziemską są kulami spółśrodkowemi, i że pierwsza pod równikiem, tak iak ziemia musi być wypukłą, a pod biegunami spłaszczeniowa.

Prawa równowagi płynów tłumaczą układanie się płynów różnorodnych, wedle ciężaru gatunkowego, to iest, że najcięższe na dnie naczynia spoczywać, najlżejsze wierzchnią warstwę tworzyć muszą. Na tej samej zasadzie polega użycie *Śródwag powietrznych* (libell).

81. Równowaga płynów w naczyniach spółkuiących. Naczynia rurkami połączone, lub mające dno wspólne, zowią się *spółkuiącemi*. Rurka zakrzywiona iest także naczyniem spółkuiącym. Ażeby w takowych naczyniach płyny zostawały w spoczynku; nie dosyć iest, aby warunki, dopiero wyłożone, zachowane były, potrzeba jeszcze, *ażeby na iakiekolwiek przecięcie ej rurki łączącej*, f. 15, z obu stron parcie było iednakowe. Gdyby bowiem parcie to np. z strony lewej było większe; ciecz płynęłaby z naczynia lewego do prawego, i odwrotnie. Stąd wypada, że powierzchnie płynów obu naczyń, w ten czas tylko na iednym poziomie leżeć mogą, gdy płyny te są iednorodne, w razie przeciwnym *wysokości płynów muszą być do siebie w stosunku odwrotnym ciężaru gatunkowego*, w ten czas tylko bowiem z obu stron parcie może być równe. Gdyby np. w iednym naczyniu była woda, w drugim merkuryusz; pierwsza blisko 14 razy wyżej utrzymywałaby się musiała, gdyż tyle razy iest gatunkowo lżejsza.

Z tego, cośmy dopiero powiedzieli, wypada, że płynami różnorodnemi, nigdy obu ramion rurki spółkuiącej napelnić nie można, że dolewając ciągle

w iedno ramie cieczy cięższej, drugim lżejsza wylewać się będzie. Na tej zasadzie polega budowa *Fon-tanny Cyrkulacyjnej*, w której iednym ramieniu znajduje się ciecz czysta, w drugim bęble powietrza, kroplami tej cieczy poprzegradzane, i dlatego to mieszanina ostatnia do góry ciągle postępuje.

Na zasadzie rurek spółkuiących, woda we wszystkich stawach, jeziorach, rzekach, studniach, i morzach, związek ze sobą mających, po tę samą wysokość utrzymywać się musi. Na tej samej zasadzie białą wszelkie *wodotryski* tak sztuczne iak i naturalne, do których i *Studnie Artyzyjskie* należą. *Śródwaga wodna* nie czem innem iest także, tylko rurką spółkuiącą.

82. Równowaga płynów w rurkach włoskowatych. Ciała, w ogóle mówiąc, gdy z sobą w zetknięciu zostają, przylegają do siebie, czyli przyciągają się, a własność ta nazywa się *Przylegalnością*. Uderzającym przykładem tej własności iest klej, kłajster, kit, mastyx, rozmaite żywice i gummy, tudzież maczanie się ciał stałych w cieczach. Są iednakże ciała, które w pewnych nie maczają się rozciekających, i tak, tłustości we wodzie, szkło, i żelezo w merkuryuszu, lecz to nie iest dowodem, że między pomienionemi ciałami nie masz przylegania, tylko że przylegalność iest tak mała, iż nie iest w stanie i ciężkości atomów cieczy, i iej spojności pokonać razem.

Gdy w cieczy iakićj nurzamy ciało, które się w nią macza, ciecz ta wznosi się kolo powierzchni tego ciała. Woda np. w szklance, na obwodzie poziomu swego tworzy obrączkę. Rzecz ta łatwo się pojmuie, bo warstewka wody przylegająca do szkła, siłą przylegania dźwigana, stale się lżejsza, na zasadzie przeto rurek spółkuiących, wyżej utrzymywać się winna, od reszty płynu. Lecz trudniej pojąć, dla czego przy

powierzchni ciał niemoknących, ciecz się zapada. W tym przypadku jest merkuryusz, gdy w nim szkło lub żelazo nurzamy. Jakożkolwiek bądź, zasada rurki spółkującej wskazuje, że tam musi być parcie większe, niż w reszcie płynu, inaczey bowiem taki stan równowagi utrzymałby się nie mógł. Dlatego gdy rurkę moknącą bardzo cienką, w obu końcach otwartą, nurzamy w jakim rozcieku; rozciek ten w niej się wznosi tyle razy wyżej, ile razy średnica iej mniejsza, a w rurce niemoknącej, tyleż razy bardziej się zapada. W pierwszym przypadku ciecz, zamiast poziomo, kończy się powierzchnią wklęsłą, w drugim wypukłą. Przykład tego mamy na rurkach szklanych, nurzanych we wodzie, i merkuryuszu. W naczyniach z dużą średnicą, cała rzecz kończy się tylko na obręczy, co dowodzi, że siła przylegalności do bardzo małej rozciąga się granicy, że się tylko w samym zetknięciu wywiera, że pierwsza tylko warstewka płynu do ciała przylega, ta ciągnie za sobą drugą, druga trzecią, dopóty, dopóki wszystkie te warstewki przyleganie udźwignąć może. Rurki z bardzo małą średnicą, nazywają się *włoskowatemi*, ta zaś własność, że się w nich ciecz zapada lub wznoszą, nosi imię *Włoskowatości*.

Włoskowatość nie tylko jest przyczyną wznoszenia się i opadania cieczy w rurkach cienkich, lecz i wszelkiego nasiąkania. Gąbka częścią tylko zanurzona w wodzie, cała nasiąka. Podobież cukier, i wszelkie ciała organiczne. Wilgoć murów nie skądinąd pochodzi.

83. Ciężenie cieczy w naczyniach. Powiedzieliśmy wyżej, l. 78, że ciecz nie tylko ciągnie na dno, lecz i na boki naczynia, zastanowimy się więc teraz, iak się to ciężenie ocenia. Uważmy naprzed, f. 16, naczynie graniaste lub walcowe $abcd$, którego dno poziome bc . Niech w niem będzie poł-

no cieczy. Oczywista jest rzeczą, że tu cały słup rozcieku $abcd$, leży na dnie, całym go więc ciężarem swoim przyeiska: iaką zatem wagę ten słup posiada; taki ciężar dno dźwigać będzie. Znalazłszy przeto wagę tego słupa; znajdziemy tém samém i ciężar, iaki na dnie spoczywa. Potrzeba więc naprzed obrać chować objętość téj bryły, a zatem i jej podstawę którą nazwijmy b , rozmnożyć przez wysokość cd , którą oznaczmy przez h , a iloczyn bh , bryłowatość tę oznaczać będzie. Dajmy na to, że $b=10$ decymetrów kwadratowych, $h=12$ decymetrów liniowych; na ten czas $bh=120$ decym. sześciennych. Potrzeba teraz zważyć, iakiéj natury rozciek. Jeżeli to jest woda; na ten czas decymetr sześcienny, wagę iednego kilogramu, a liczba 120, liczbę kilogramów znaczyć będzie. Gdyby liczba ta wyrażała centymetry sześcienne; w ten czas dawałaby razem liczbę gramów, na wagę słupa. Widzimy tu więc, że w ocenianiu ciężenia wody, iloczyn bh , wyrażający objętość bryły pracę, daie od razu wagę téjże bryły, czyli ciężenie na dno, w kilogramach, lub gramach, podług tego, iak bh jest w decymetrach, lub centymetrach.

Gdyby tu szło o merkuryusz; wiedzieć tylko potrzeba ile waży decymetr lub centymetr sześcienny tego metalu. Jasną tedy jest rzeczą, że miary merkuryuszu tyle razy większą wagę mieć będą, ile razy gęstość iego czyli ciężar gatunkowy większy, iloczyn zatem bh trzeba tylko rozmnożyć przez ciężar gatunkowy, czyli przez p , a bhp oznaczy ciężenie na dno tego płynu. Ciężar gatunkowy merkuryuszu wynosi 13,59, co znaczy, że jest tyle razy gatunkowo cięższy od wody: decymetr³ za tém sześcienny, 13,59 kilogramów, a centymetr takiż, tyle gramów ważyć będzie, a więc $120 \times 13,59 = 1630,8$ kilogramów lub gramów, ciężenie merkuryuszu oznaczy.

84. Gdy naczynie *dbce*, jest ukośne, ciążenie na dno toż samo zostaje, i tym samym obrachowywa się sposobem, to jest, szukając iloczynu z powierzchni dna, wysokości, i ciężaru gatunkowego cieczy. Aby się o tém przekonać, dosyć jest naczyniom *abcd*, i *dbce* dać dna ruchome, tak aby się każde równolegle do siebie w swém naczyniu ślizgać mogło: dna te sznurami koleją przywiezywać do iednego ramienia szali, nalewać wody po tę samą wysokość, i ważyć, a okazałoby się, że ta sama ilość gwichców w obu razach będzie potrzebna do sprawienia równowagi. Co większa, choćby naczynie miało postać *abce*, lub *dbc*, lub iakkolwiek były pogięte, byle w niem dno i wysokość płynu była ta sama; ciążenie na dno nie zmieni się wcale. Stąd wypada, że małą ilością płynu, wyrzucić można wielkie ciśnienie, np. przyprawiwszy pionowo rurkę długą do beczki, i nalawszy wody, rozsadzić ją można.

85. Podobnym sposobem przekonać się można, że ciążenie cieczy na bok, bądź pionowy, bądź pochyłony zewnątrz lub wewnątrz, równa się ciężarowi bryły rozcieku, której podstawą powierzchnia boku, a wysokością połowa głębokości cieczy. Całkowite więc ciśnienie cieczy na ściany naczynia, równa się summie ciążenia na dno i boki, lecz uważmy, że ciążenie wcale co innego jest, niż waga cieczy: pierwsze zawsze jest większe od drugiego, bo wszelka siła w płynach, na wszystkie działa strony, l. 78.

86. Nierówne parcie na boki naczynia. Ażeby naczynie wolno poruszać się mogące, zostało w równowadze; parcia przeciwległe, od płynu pochodzące, muszą sobie być równe, inaczéj biegięgo następnie w stronę parcia mniejszego. Dla tego zawiesiwszy na sznurku naczynie pełne wody, mające otwór na boku, i odekawszy ten otwór, woda wytrysnie strumieniem, a naczynie zboczy w stronę prze-

ciwną biegowi strumienia, tu bowiem, gdzie jest otwór, przez odeknięcie go, zmniejsza się parcie, bo się zmniejsza powierzchnia parta, w iloczynie więc *bhp*, ilość *b* jest mniejsza, niż na boku przeciwległym naczynia. Na téj zasadzie polega budowa *Młynka hydrostatycznego*, obrot młynków ognistych i elektrycznych, puszczenie rac i szmermelów, cofanie się dział wczasie wystrzału...

87. Uwaga nad ciśnieniem Gazów. Gazy są obdarzone dwoma siłami: ciężkością i rozprężliwością. Ciężkością swą tak cisną na powierzchnię naczyni, iak rozcieki, i ciśnienie to podobnym zupełnie obrachowywaćby można sposobem, iak dla cieczy: lecz ponieważ ciała te są bardzo lekkie, ich więc ciężar pod tak małemi objętościami, iakie przechowujemy w naczyniach, jest nie znaczny, ciśnienie przeto stąd pochodzące za nie się poczytuje. Tylko ciążenie gazów w naczyniach otwartych, czyli ciśnienie atmosfery, i wszelkie parcie od rozprężliwości pochodzące, na uwagę zasługuje: iak się zaś obrachowywa, zobaczmy pod tytułem *Ciężkość Atmosfery*.

88. Wylewanie się płynów z naczyń otworami. Płyny wylewają się otworami z prędkością taką, iakiejby nabyły, gdyby z takiej wysokości wolno spadać mogły, w iakiej się ich powierzchnia nad otworem znajduje. To prawo stwierdzić można doświadczeniem na téj zasadzie, że z iakiej wysokości ciało spada, do takiej się wznosi, gdy rzucone będzie w górę, z prędkością końcową swego npadku, l. 65. Fig. 16, *agd* naczynie z rurką boczną i kurkiem: nalawszy go wodą po *ad*, i otworzywszy kurek, woda wytryskać będzie prawie tak wysoko, iak się w naczyniu znajduje, to jest, po *ac*, co dowodzi, iż tak iak ciało stałe, wznosi się do téj samej wysokości, z której spada. Mówimy: prawie tak wysoko, albowiem opór powietrza, i spadająca na powrót wo-

da, nie dozwoli zupełnie dosięść wytryskowi téj samej wysokości, po którą się ciecz w naczyniu znajduje. Fontanny też nigdy nie sięgają téj wysokości, w której się znajduje poziom w wodozbiorniku.

89. Ponieważ prędkość ciał spadających, rośnie w stosunku czasu, l. 42, a droga w stosunku kwadratów z czasu; więc *prędkość wylewania się idzie w stosunku pierwiastku kwadratowego z wysokości płynu*. Jakoż, wzięwszy naczynie wysokie, z otworami równymi, powierconemi od brzegu w odległościach 1, 4, 9, 16,... utrzymując go ciągle pełnym, przez równy przeciąg czasu każdym z tych otworów puszczać i zbierać osobno wodę, okaże się, że ilości zebranej cieczy, będą prawie iak 1, 2, 3, 4,... Mówimy *prawie*, albowiem wypadki te będą o $\frac{1}{3}$ mniejsze, niż je oznacza pomienione prawo. Przyczyną tego jest *ściśnienie żyły*, czyli ta okoliczność, że strumień wypływający, blisko otworu zawsze jest mniejszej średnicy niż otwór. Dla tego znowu, osadziwszy w otworze rurkę walcową, lub postać ostrokręgu przeciwkońcającego; otrzymamy większe wypadki, a rurkę ostrokręgową, przeciwnie osadzoną, mniejsze, niż otworem prostym. W ten czas tylko rurką taką sama ilość cieczy, co otworem wypływa, gdy postać iéj jest taka, iak ściśnionej żyły.

ROZDZIAŁ V.

CIEŻKOŚĆ ATMOSFERY.

Ponieważ przyrodzenie dla człowieka i wszelkich istot żyjących, za najpierwszy pokarm przeznaczyło powietrze i wodę; ponieważ istoty te rozruciło po całej kuli ziemskiej; musiało więc w płyny wlać siłę, któraby je także po całej powierzchni ziemi roznosiła. Jakoż widzieliśmy już, że ciała stałe ciężkość tylko w jednym, to jest do środka ziemi, cią-

gnie kierunku, płyny zaś na wszystkie strony popycha. Dowiedzieliśmy się nadto, że powietrze oddychalne oblewa całą bryłę ziemską, i że z nią razem tworzy kulę współśrodkową. Powietrze to jest bardzo lekkie, bo iak się przekonamy później, 770 razy od wody lżejsze: kwarta tego gazu waży tylko 1,299, czyli blisko 1,3 grama, gdy tymczasem kwarta wody stanowi wagę kilograma czyli blisko półtrzecia funta naszego ($2\frac{1}{10}$). Lecz iakkolwiek jest lekkie, ponieważ podług wszelkiego prawdopodobieństwa, tworzy warstę na kilkanaście mil grubą; atmosfera więc na powierzchni ziemi znaczne ciśnienie wywierać musi. Jakoż ciężnienie téj kuli powietrznej jest przyczyną rozmaitych skutków, nad którymi kolejno zastanawiać się będziemy.

90. Ciężnienie atmosfery jest przyczyną podnoszenia się cieczy wrurkach pustych. Pod l. 80 powiedzieliśmy, że wszystkie atomy płynu, na tym samym poziomie, w stanie równowagi muszą być iednako parcie, co na iedno wychodzi, iak gdybyśmy mówili, że na każdy *np.* centymetr kwadratowy tego samego poziomu, toż samo musi być parcie, inaczej równowaga nastąpić nie może. Więc na każdy centymetr powierzchni cieczy atmosfera przeciw musi iednako, jeżeli ciecz ma być w spoczynku, w razie przeciwnym, gdzie jest mniejsze parcie, tam ciecz wznosić się musi do góry, albowiem, gdy naokoło pewnej części powierzchni cieczy, bardziej przeciw atmosfera, jest to iedno, iak gdyby część ta mocniej była pchana do góry niż na dół, bo wszelka siła w płynach, iednostajnie na wszystkie działa strony. Jeżeli więc z téj części całkiem parcie atmosfery usuniemy; ciecz dopóty wznosić się musi, dopóki ciężar iéj, na tę część nie wywrze takiego parcia, iakie atmosfera wywiera na inną część téj samej wielkości. Dowiemy się później, że kolumna atmosfery,

centymetr kwadratowy w przecięciu mająca, waży kilogram, kolumna więc ta ciężarem kilograma, tłoczy każdy centymetr kwadratowy poziomu wszelkiej cieczy. Gdy więc z centymetra kwadratowego powierzchni cieczy usuniemy parcie atmosfery, czyli gdy zdejmujemy pomienionej grubości kolumnę; utworzy się rurka pusta w powietrzu, w którą taka ilość musi wejść plyn, ażeby waga jego kilogram także ważyła.

Walec wody, w przecięciu centymetr kwadr. mający, długi na 10,336 metr = 32 stóp par. = 35 $\frac{8}{9}$ stóp polskich, waży kilogram, więc w rurce częć, centymetr kwadr. w przecięciu mającej, woda na 32 stóp par. wznieść się powinna. W téjże rurce merkuryusz, ponieważ jest 13,59 razy od wody cięższy, 13,59 razy, to jest na 76 centym. czyli 28 cali par. okrągło biorąc, utrzymywać się winien. Doświadczenie zupełnie to rozumowanie stwierdza. Jakoż wzięwszy rurkę w obu końcach otwartą, zanurzwszy ją jednym końcem w merkuryuszu, a drugi wzięwszy w usta, i trzymając pionowo, wyciągnąwszy powietrze; metal do 28 cali postąpi. Woda do 32 stóp par. Do tego rodzaju doświadczeń służy tak nazwany *Areometr powietrzny*.

Jeżeli weźmiemy rurkę 2, 3, 4, razy grubszą, przy téj samej wysokości, wejdzie w nią 2, 3, 4 razy więcej plyn, bo też 2, 3, 4 razy większą część powierzchni cieczy, z pod parcia atmosfery usuniemy. Pamiętajmy więc, że waga cieczy w rurce pustej, od poziomui téjże cieczy licząc, jest taka sama, iak kolumny atmosferycznej, téj samej grubości. Jeżeli rurkę trzymać będziemy ukośnie; więcej w nią wejdzie rozcieku, lecz ponieważ, wysokość pionowa będzie ta sama; nie zmieni się więc ić parcie, bo w naczyniu prostém i ukośném, parcie na dno jest to samo, gdy powierzchnia dna i wysokość plynu iednaka l. 81.

91. *Barometry*. Budowa ich polega na ciężeniu, czyli iak się dowiemy później, na przeżeniu atmosfery. Są dwoiaki: *naczyńkowe i lewarkowe, smocz-kowe*, czyli *syfonowe*, a wszystkich liczba do pięćdziesiąt dochodzi. Z tak wielkiej liczby dwa tylko odpowiadaia swemu celowi, to jest, naczyńkowy P. Fortin, i lewarkowy P. Gay-Lussac: reszta tylko do historyi nauki należy. Prócz dwóch pomienionych jednak, trzy jeszcze opiszemy: naczyńkowy Toricellego, iako barometr pierwiastkowy, tudzież lewarkowy pospolity, i *Zegarowy*.

92. *Barometr Toricellego*. Weźmy naczynie, mające postać kałamarza, w mniejszej polowie nalejmy go merkuryuszem, weźmy prócz tego rurkę szklaną, w iednym końcu zalutowaną, na trzydzieści kilka cali długą, nalejmy ją merkuryuszem tak pełno, iżby metal ten nad brzegiem rurki półkulek utworzył, zatknijmy palcem rurkę, z tą ostrożnością, iżby się pod palec nie zakradło powietrze, przewróćmy rurkę końcem zalutowanym do góry, koniec dolny zanurzymy dobrze w merkuryuszu naczynia, i dopiero odejmiemy palec. Gdy rurka stanie pionowo; pewna część merkuryuszu z niej się uleie do naczynia, i metal ten zwyczajnie zatrzyma się w rurce po tę samą wysokość, iak pod l. 90, to jest, na 28 d. cali paryskich. Nad merkuryuszem w rurce nie będzie wcale powietrza, bo w całym postępowaniu naszym o tośmy się iedynie starali, ażeby otrzymać część rurki *bezw warunkowo* pustą. Jakoż merkuryuszem wypędziliśmy z rurki powietrze, które później żadną miarą do niej zakraść się nie mogło, bośmy na to przy zatykaniu palcem rurki dawali uwagę, i nie wprzódęśmy go odieśli, aż go zatkał merkuryusz naczynia. Na téj więc części poziomu merkuryuszu naczynia, która się wewnątrz rurki znajduje, atmosfera bynajmniej nie ciśnię: prze ona teraz na sklepienie

rukki, a słup merkuryusza w rurce, zastępuje tu kolumnę atmosfery tej samej grubości: iego więc waga równać się musi ciężarowi pomienionej kolumny.

Część rurki nad merkuryuszem, zowie się *próżnią Toricellego*, i domyślamy się, że próżnia ta powinna być doskonałą, jeżeli ciężar merkuryusza w rurce, ma być zupełnie równy wadze słupa atmosferycznego, tej samej grubości. Jakoż na doskonałości tej próżni, budowa barometru iedynie polega, i gdy się do niej, by też najmniejsza ilość powietrza zakradnie, barometr przestaje być barometrem. Do zapewnienia się, czy próżnia barometryczna jest doskonałą, służy rura żelazna, około dwóch cali średnicy mająca, do czterech cali wysoka, rękojeścią zaopatrzona, fig. 18. Rura ta ogrzewa się, i na górny koniec rurki nawdziewa. Jeżeli w próżni jest powietrze; na ten czas merkuryusz w rurce opadać będzie, albowiem powietrze, przez ogrzanie większej rozprężliwości nabędzie. Gdy pod czas nachylania rurki, merkuryusz puka mocno w jej sklepienie; jest to także oznaką doskonałości próżni.

Wziąwszy tablicę drewnianą, stosownej długości, w iednym jej końcu zrobmy wycięcie, aby się w niego zmieścić mogło naczynie pomienionej rurki, długość tej tablicy podzielmy na dawne cale paryskie, u dołu kładąc zero, przytwierdźmy do niej pomienioną rurkę z naczyniem, tak aby powierzchnia merkuryusza naczynia, przypadła na zero podziałki, czyli na początek rachuby cali; będziemy mieli barometr taki, iaki przez Toricellego (um. 1647 r.), wynalazcę barometrów, zrobiony został. Cal dawny paryzki prawie=27 millimetrom, a 76 centymetrów=28 calom, i 1 linii, czyli przeszło 28 calom.

93. Wysokość słupa merkuryusza w rurce, który co do wagi równa się kolumnie atmosfery, tej samej grubości, nazywa się *Wysokością, Słupem, lub Kolu-*

mną barometryczną. Wysokość więc tę oznacza głębokość merkuryusza w tej części rurki, która nad powierzchnią merkuryusza naczynia jest wynurzona. Ostatecznie zatem, *wysokością barometryczną jest odległość od siebie poziomów merkuryusza w naczyniu i rurce, czyli pionowa z iednego poziomu merkuryusza na drugi spuszczone*.

94. Wysokość ta ustawicznie się zmienia, co dowodzi, że ciężar powietrza atmosferycznego jest zmienny. Gdy więc merkuryusz opada w rurce; w ten czas podnosi się w naczyniu, a gdy się podnosi w rurce; w naczyniu opada. W pierwszym razie początek rachuby cali, to jest zero, zatapia się w merkuryuszu naczynia, w drugim wynurza się nad iego powierzchnią. Liczby więc, wyrażające cale, okok wierzchołka merkuryusza w rurce położone, mylnie wysokość barometru wskazują, bo one oznaczają zawsze odległość w calach od zera, a wysokością barometru jest odległość wierzchołka merkuryusza w rurce, od powierzchni tego metalu w naczyniu. Pojąć więc łatwo, że gdy zero jest zanurzone; wysokość barometryczna jest za wielką, o głębokość zera w merkuryuszu naczynia, a gdy się zero nad powierzchnią unosi, wysokość barometru wyczytana z tablicy, jest mniejsza od rzeczywistej, o odległość zera od poziomu metalu w naczyniu. Okoliczność ta stała się powodem, iż niemal każdy Fizyk nad udoskonaleniem barometrów pracował, a stąd poszła ich liczba i różnaitość.

95. Barometr P. Fortin, ma między innemi tę zaletę, iż wysokość iego prawie z matematyczną ścisłością obserwowana być może. Naczynie iego f. 19, składa się z dwóch walców, wewnętrznego szklanego, u którego dno jest skórzanę, i zewnętrznego mosiężnego, przez którego dno przechodzi śrubka pionowa, wierzchołkiem swym dotykająca się dna skórzanego. Naczynie szklane o tyle swym brzegiem

z metalowego wystaie, ażeby powierzchnia merkuryusza zawsze widziana być mogła. Nadto jeszcze kolec z kości słoniowej, podstawą swoją pionowo utkwiony w pokrywce tego naczynia, wierzchołkiem swym raz na zawsze wskazuje, gdzie jest początek rachuby czyli zero: rozumi się zaś samo przez się, że pokrywka równie iak kolec stale jest umocowana. Chcąc przeto wysokość tego barometru poznać; patrzy się *naprzód*, czy wierzchołek kolca nie nurza się w merkuryuszu, lub czy nad nim nie sterczy. Gdy tak jest; odkręca się lub zakręca śrubkę, dopóki wierzchołek kolca nie stanie na płaszczyźnie merkuryusza: w ten czas dopiero przeczytana wysokość barometru jest prawdziwa. Podziałka jego jest w centymetrach.

96. Barometr lewarkowy, czyli syfonowy. Wziąwszy rurkę szklaną, przeszło na 40 cali długą, w jednym końcu zalutowaną, *doskokonale kalibryczną*, czyli wszędzie téj saméj średnicy, napelniwszy ją merkuryuszem, w odległości kilku cali od otwartego końca zgiąwszy ją tak, aby oba ramiona były do siebie równoległe, i przytwierdziwszy ją na tablicy z podziałką, będziemy mieli barometr *syfonowy*. Ramie krutsze zastępować tu będzie naczynie, a zero może być albo u saméj podstawy rurki, albo w środku długości. W pierwszym przypadku różnica poziomów merkuryusza obu ramion, a w drugim summa odległości obu powierzchni od zera, będzie wysokością barometru.

97. Barometr Zegarowy. Gdybyśmy teraz zamiast przytwierdzania pomienionéj rurki do tablicy, urządzili taki mechanizm, ażeby nad rurką krutszą mógł być zawieszony bloczek pionowy, a na nim dwa małe ciężarki, z którychby jeden cokolwiek cięższy, zawsze na powierzchni merkuryusza w ramieniu krutszym spoczywał; na ten czas ruch barometru,

udzielałby się ciężarkom, a następnie bloczkowi. Gdyby znowu na osi tego bloczka osadzono prostopadłą skazówkę, i dodano cyferblat ze stosowną podziałką; skazówka postępowałaby na przód lub w tył, podług tego iakby wysokość barometru wzrastała lub malała. Takie jest urządzenie barometru zegarowego, który iak dalece jest niedokładny, z tego co już wiemy, osądzić łatwo.

98. Gdy ramie krutsze barometru syfonowego jest wielokroć szersze od dłuższego, w ten czas wysokość czyta się tak, iak w barometrze Toricellego, to jest, liczy obok wierzchołka merkuryusza w rurce, wprost oznaczając wysokość: przypuszcza się tu albowiem, że z powodu obszerności naczynia, wysokość w niem merkuryusza jest niezmienna. Barometr taki w istocie jest naczyniowym, f. 20. Toricellego barometr w ten sam także sposób udoskonalaia, nadając mu naczynie bardzo szerokie, przeze błędy w czytaniu wysokości, mogą być do wysokiego stopnia zmniejszone, nigdy jednak należytej ścisłości tą drogą osiągnąć nie można.

99. Barometr P. Gay-Lussac, fig. 21. Rurki *ab*, *cd*, doskonale kalibryczne, obie iednej średnicy, zalutowane, *ei* rurka na linią cienką, z której choćby poziomo leżała, i w obu końcach była otwarta, merkuryuszby się nie wylał: małe kółko na części pustéj rurki *cd*, oznacza tak szczupły otwór, że się nim podobnie merkuryusz przecisnąć nie może, powietrze iednak przez niego ciąży na merkuryusz w tém ramieniu, gdyż pamiętajmy, że płyny cisną we wszelkich kierunkach. Początek rachuby czyli zero, jest u podstawy rurki, wysokością więc w tym barometrze, jest różnica poziomów merkuryusza w obu dwu ramionach. Barometr ten jest zamknięty w metalowej rurce, wpodłuż przeciętój, na której znajduje się podziałka. Prócz dokładności, ten barometr nad

innemi ma jeszcze tę wyższość, że się z łatwością przenosić daie, i dla tego też *podłożnym* zwany: można go bowiem trzymać poziomo, nawet zupełnie przewracać do góry, a merkuryusz nie wyleie się z niego, ani się powietrze w czeszość nie zakradnie.

100. Ostrożności w robocie barometrów: 1*od*, merkuryusz powinien być zupełnie czysty, ciężar bowiem gatunkowy nieczystego jest mniejszy, barometr więc z niego większąby zawsze wysokość wskazywał — 2*re*, metal ten, podobnie iak rurka, powinien być doskonale suchy, gdyż inaczej w próżni powstałaby para: z tego powodu merkuryusz częściami się tylko w rurkę nalewa, i przegotowywa — 3*cie*, nie trzeba zbyt merkuryusza gotować, gdyż przeto zmienia się iego natura, i zamiast wypukło, powierzchnia iego kończy się płasko — 4*te*, z tego samego powodu strzedz się należy wszelkiego stłuszczenia.

101. Poprawki wysokości barometrycznej. Barometry obok siebie wiszące, choćby najdokładniej zbudowane były, nigdy się z sobą nie zgadzają: im rurka ma średnicę mniejszą; tém wysokość barometryczna mniejsza. Przyczyną tego jest włoskowatość, która stosownie do wielkości średnicy rurki, w rozmaitych barometrach o rozmaitą ilość zniża merkuryusz. Z tego powodu na barometr potrzeba brać rurki, ile możności większej średnicy, a w każdym razie trzeba znać tę średnicę, i stosownie do iej wielkości, wysokość barometryczną powiększać. I tak, gdy średnica rurki 1, 2, 3, 4, 5, linii wynosi, dodaie się 4,56; 2,04; 1,15; 0,69; 0,42 millimetra, bo się o tyle w tych rurkach z powodu włoskowatości merkuryusz zniża. Gdybym więc miał barometr, którego średnica 5 linii wynosi; wysokość iego o 0,42 millim. powiększać muszę. Poprawka ta iedynie w barometrach naczyńkowych jest potrzebna, w lewarkowych albowiem błąd ten znosi

się, bo w obu ramionach jest równy, dlatego na barometr lewarkowy bierze się rurka kalibryczna.

Powtóre. Kolumna barometryczna nie tylko się z powodu parcia atmosfery podwyższa, lecz i z powodu temperatury, bo się merkuryusz rozszerza. Podziałka podobnież raz się przedłuża, drugi raz się skraca. I z tych dwóch powodów poprawki czynić należy, do czego w nauce o *Ciepliku* podamy sposoby.

102. Odmiana wysokości barometrycznej. Odmiany te są dwoiaki: *przypadkowe i peryodyczne*, czyli *zamięszania i wahania*. Pierwsze przypadaia w epokach niestálych: we dnie lub w nocy, o którejkolwiek godzinie, i w którejkolwiek porze roku, barometr spada lub podnosi się nagle. Gdy opada, a przy tém w klimacie naszym wiatr zachodni lub zachodnio-południowy; zazwyczaj, lecz *nie bez wyjątku*, następnie slot: gdy się podnosi, a przy tém wiatr ze wschodu lub wschodnio-północny, *najczęściej* następnie pogoda. Spada najniżej, gdy wiatr południowy. Zdaie się przeto, że barometr kiedyś pogodę i slotę przepowiadać może, lecz epoka ta jest jeszcze odległa.

Pod równikiem barometr nie doznaje wcale takiego zamięszania, tam wysokość zmienia się tylko peryodycznie, leniwo, i ze stanem nieba w żadnym nie jest związku. I tak: codziennie rano o godzinie 9 barometr utrzymuje się najwyżej, od téj chwili spada, o 4*tej* po południu jest najniżej, potem znowu idzie w górę aż do 11*tej* wieczorniej, i znowu opada aż do 4 ranniej, od której wysokość iego wzrasta do 9 przedpołudniowej. Te wahania są tak regularne, że ich zamiast zegaru, do poznawania godziny, używać można, lecz różnica pomiędzy najmniejszą a największą wysokością, tylko 2 millimetry wynosi. Z szerokością i geograficzną odmiany przypadkowe wzrastają, i tak bieg peryodyczny mięszają, że go u nas wysledzić

trudno: z czynionych iednak obserwacyj w Paryżu okazuje się, że peryod barometru w środkowej Europie, także około wymienionych godzin przypada. W celu oznaczenia tego peryodu, obserwacye barometru czynią się i zapisują codziennie o godzinie 9tej przed południem, o 3ciej po południu, i o 9 wieczorniej. Przyczyna tych wahań dotąd jest wcale nieznaną, przypadkowych tylko ruchów zdają się być powodem odmiany, w atmosferze zachodzące. Z tem wszystkiem wytłumaczyć trudno, dla czego odmiany te pod Równikiem żadnego na barometr nie wywierają wpływu.

103. Wysokości Barometryczne Średnie. Obserwując i zapisując wysokość barometru przez cały dzień, co kwadrans np. a im częściej to lepiej, dodając wszystkie te wysokości do siebie, i sumę dzieląc przez liczbę obserwacyj; iloraz da wysokość barometru średnią dzienną. Średnie dzienne z całego miesiąca dodane, i przez liczbę dni miesiąca podzielone, dają średnią miesięczną. Summa średnich miesięcznych roku, przez 12 podzielona, daie średnią roczną. Z summy średnich rocznych, przez liczbę lat podzielonej, powstaie średnia miejsca. Nie ma potrzeby iednakże z takim mozolem szukać średnich dziennych, albowiem doświadczenie naneczyło, że wysokość barometru w południe, iest średnią dzienną. Chcąc przeto znaleźć średnią miejsca; dosyć iest obserwować raz na dzień w południe. Tym samym sposobem znajdują się średnie najwyższe i średnie najniższe wysokości barometryczne. Wysokości barometryczne w Warszawie, z 22 lat wyprowadzone, bez żadnych poprawek, w temperaturze mniej więcej 14° R. są następujące:

Średnia miejsca	27 c.p. 8,5 linij
Średnia największa	27 c.p. 9,3 —
Średnia najmniejsza	27 c.p. 8,0 —

Największa bezwzględna 28 c.p. 8,0 —

Najmniejsza bezwzględna 26 c.p. 5,0 —

Różnica między średnią najwyższą i średnią najniższą, zowie się *średnim waniem barometrycznem*, i to u nas, iak widzimy, tylko 1,3 linij wynosi: różnica zaś między najwyższą i najniższą bezwzględną, nosi nazwisko *wahania największego*, i to w Warszawie na 2 cale i linij 3 iest rozległe. Średnia na poziomie oceanu 76 centymetrów, czyli 28 cali paryzkich i 1 linią wynosi, i ta uważa się za średnią barometryczną całej kuli ziemskiej.

104. Prawo Mariotta (um. 1684.). *Prężność gazów rośnie w stosunku prostym ciśnienia i gęstości, a odwrotnym objętości*, to iest, gaz ściskany, lub zgęszczany 2, 3, 4.... razy bardziej, czyli zamykany w objętości 2, 3, 4.... razy mniejszej, nabywa siły, 2, 3, 4.... razy większej. Wziąwszy rurkę szklaną, fig. 22, w iednym końcu zalutowaną, na kilka łokci długą, równoległe zagiętą w bliskości końca zalutowanego, przytwierdźmy ją na tablicy mającej podziałkę, i nalejmy w nią merkuryusza tyle, aby tylko w ramieniu krótszem zamknąć powietrze. Ponieważ waleczek merkuryusza w spoczynku zostaje; wniesmy stąd, że iakie ciśnienie na iednym jego końcu swym ciężarem atmosfera sprawia; takie samo na drugi koniec wywierać musi prężnością swoją powietrze, w ramieniu krótszem zamknięte. Nalejmy potem tyle merkuryusza, aby pierwotną objętość powietrza zamknąć w objętości 2 razy mniejszej, to iest, ieżeli na początku zamknięte powietrze 8 cali objętości zawierało; zamknijmy go teraz w 4 calach, a zobaczymy, iż różnicą wysokości merkuryusza w obu ramięionach, będzie wysokość barometryczna w czasie doświadczenia. W tym razie powietrze ma objętość o połowę mniejszą, iest dwa razy gęstsze, i dźwiga 2 parcia atmosferyczne: iedno merkuryusza, drugie atmosferyczne.

ry, iest przeto 2 razy silniejsze. Gdybyśmy jeszcze nalewali merkuryusza dopóty, aż powietrze w rurce zamknie się w 3 razy mniejszej objętości; w ten czas różnica wysokości tego metalu w obu częściach rurki, wynosilaby podwójną wysokość barometryczną: tu więc ciśnienie atmosfery, gęstość i prężność powietrza zamkniętego w rurce, 3 razy byłaby większa.

Doświadczenia te na innym aparacie w ostatnich latach aż do 27 atmosfer doprowadzono, a prawo Mariotta okazało się statecznie, lecz dla rozmaitych ciał lotnych, w różnych utrzymuie się granicach, niektóre bowiem pod ciężarem kilkunastu lub kilku atmosfer do stanu ciekłego przechodzą, niektóre nawet cokolwiek tylko naciśnięte, zaraz się skraplają. W ostatnim przypadku są te ciała lotne, które w zwykajnych temperaturach atmosfery i w stanie ciekłym istnieją. I tak: woda, alkohol, eter, i t. d. zawsze się w stanie lotnym i ciekłym znajdują, ich też pary za najmniejszym skraplają się ciśnieniem. Stąd wynikło rozgatkowanie ciał lotnych na *pary* i *gazy*: pierwszym imieniem oznaczają się ciała lotne, skraplające się od najmniejszego ciśnienia, drugim ciała lotne, mogące znosić pewnego stopnia ciśnienie. Prócz tego jeszcze, iak się o tém w nauce o *Cieplik* dowiemy, pary skraplają się także za najmniejszym oziębieniem, a gazy wytrzymują wysoki stopień zimna. My pod imieniem gazów rozumimy nad to wszystkie ciała lotne, i wyraz ten dla skrócenia w niniejszej książce pospolicie jest w tém znaczeniu brany.

105. Zastosowanie prawa Mariotta. Prawo Mariotta podaje łatwy sposób obrachowywania objętości ciał lotnych w każdym ciśnieniu atmosfery, czyli dochodzenia, iakiej odmianie ulega dana objętość gazu, za zmianą ciśnienia atmosferycznego. I tak, gdyby szło o rozwiązanie takiego zapytania: objętość v , dana w ciśnieniu 75 centymetrów, iaką objętość

przybierze w ciśnieniu 76 centymetrów; takbyśmy sobie postąpili: ponieważ objętości są w stosunku odwrotnym ciśnien; więc

$$v: x = 76: 75; \text{ skąd } x = \frac{75v}{76}.$$

Gdyby 76 odpowiadało objętości v ; na ten czas wypadek byłby $\frac{76v}{75}$, to iest, poprzedzającemu odwrotny.

Stąd wypada następujące prawidło: *przechodząc z ciśnienia mniejszego do większego; objętość dana mnoży się przez ciśnienie większe, a dzieli przez mniejsze. W przypadku odwrotnym postępuje się przeciwnie, to iest: mnoży się przez mniejsze, a dzieli przez ciśnienie większe.*

106. Barometr iest wagą atmosferyczną. Pod l. 87 powiedzieliśmy, że ciśnienie gazów tylko w naczyniach otwartych, czyli co na iedno wychodzi, ciśnienie samój atmosfery na uwagę zasługuie: tu więc podaiemy sposób iak się to ciśnienie oblicza. Ponieważ ciężar kolumny barometrycznej, równa się ciężarowi kolumny atmosferycznej, mającej tę samą grubość: chcąc się zatem dowiedzieć, iaki ciężar atmosfery spoczywa na powierzchni danej; dosyć iest znaleźć ciężar słupa merkuryusza, którego podstawą powierzchnia dana, a wysokością kolumna barometryczna, w tym czasie, w którym obrachunek robimy, czyli: trzeba tylko, tak iak w obrachowywaniu ciśnienia cieczy, poszukać iloczynu bhp , gdzie b = powierzchnia danej, h = wysokości barometrycznej w czasie obrachunku: zwykle iednak bierze się średnia powszechna, czyli 76 centymetrów, p = wadze objętości merkuryusza, obranej za iednostkę. I tak: na powierzchni 10 centymetrów kwadratowych, atmosfera waży blisko 10,33 kilogramów czyli $10 \times 76 \times 13,59$, gdzie 13,59 gram = p czyli wadze centymetru sześciennego merkuryusza.

Nie ma potrzeby iednakże powtarzać zawsze takiego rachunku, dosyć jest tylko raz na zawsze dojść, iaki ciężar atmosfery spoczywa na pewnej powierzchni, i ciężar ten mnożyć przez iloraz tej powierzchni w powierzchni danej. I tak: wiedząc, że na centymetrze kwadratowym leży ciężar atmosfery 1,033 kilograma, a na decymetrze takimże 103,36 kilograma, na metrze 10336 kilogramów; powierzchnią daną zamieniam na centymetry, decymetry, albo na metry kwadratowe, iloczyn pierwszy mnożę przez 1,033; lub drugi przez 103,36; lub trzeci przez 10336; a wypadek będzie wyrażał liczbę kilogramów atmosfery, leżących na powierzchni danej.

Tym sposobem postępując, okaże się, że człowiek małego wzrostu, którego powierzchnia 150 decymetrów kwadratowych wynosi, dźwiga na sobie atmosfery 15505 kilogramów, czyli przeszło 380 cetnarów naszych. Tym sposobem także obliczyć można ciśnienie atmosfery na całą powierzchnią kuli ziemskiej, czyli inaczej mówiąc, znaleźć można ciężar całej atmosfery. I tak, kula ziemiska z powodu atmosfery dźwiga ciężar taki, iakiby dźwigała w ten czas, gdyby cała jej powierzchnia była oblana warstwą wody, grubą na 10,336 metrów, lub merkuryusza na 76 centymetrów. W szczególności zaś: powierzchnia ziemi, w liczbach okrągłych biorąc, jest rozległa na sto tysięcy miryametrów, a na każdym miryametrze leży milion milionów beczek tysiąckilogramowych, więc na całej powierzchni spoczywa sto tysięcy milionów milionów beczek, czyli 1,000,000,000,000,000 (15 zer) cetnarów. Tyle więc waży cała atmosfera, a wagę tę poznaliśmy za pomocą barometru, słusznie więc barometr wagą atmosferyczną nazywać można.

107. Barometr jest także miarą prężności powietrza i wszelkich gazów. Pod li-

czbą 87 obiecaliśmy także podać sposób obrachowywania rozprężliwości gazów, tu więc z obietnicy tej wywieźniemy się. Prężenie atmosfery w każdym miejscu, jest równe iej ciążeniu: na dole jest większe, bo ciążenie większe, a im wyżej, tém mniejsze, bo tam co raz krutsze i lżejsze kolumny atmosfery ciążą. Jakoż wystawmy sobie zawiązany pęcherz. Prężenie powietrza w tym pęcherzu nie może być ani mniejsze, ani większe od ciążenia atmosfery. Na każdy centymetr powierzchni wewnętrznej, prężność powietrza w pęcherzu zawartego, a na zewnętrznej ciążenie atmosfery, siłą kilograma przeciwnie. Inaczej bowiem, gdyby prężenie wewnętrzne, było mniejsze lub większe od zewnętrznego parcia; podług prawa Mariotta, powietrze w pęcherzu dopóty obiętość swoją zmniejszać lub powiększać musiał; póki by się gęstość jego nie powiększyła lub nie zmniejszyła do tego stopnia, w którym siła jego prężności, równa się sile ciążenia atmosferycznego.

Jeżeli więc przy samej powierzchni ziemi zamknijemy barometr w naczyniu; barometr ten w chwili zamknięcia, tę samą będzie miał wysokość, co barometr wiszący na ścianie. Jeżeli weźmiemy z sobą dwa barometry na górę, i tam ieden z nich zamknijemy w naczyniu; barometr ten znowu będzie tę samą wysokość wskazywał, co drugi pod gołym niebem. Lecz jeżeli barometr u spodu góry w naczyniu zamknięty, przeniesiemy na górę; barometr ten będzie się utrzymywał wyżej, niż barometr pod gołym niebem na górze. Barometr znowu zamknięty na górze, i zniesiony na dół; będzie miał wysokość mniejszą, niż barometr u stopy góry na otwartym miejscu.

Przypuśmy teraz, że z iakiegokolwiek powodu, zmienia się rozprężliwość powietrza, zamkniętego w naczyniu, niech się np. o połowę zmniejszy: na ten czas barometr do połowy swej wysokości spa-

dnie, i wiedzieć będziemy, że wtedy posiada siłę połowy ciężenia atmosfery, to jest: że na centymetr kwadratowy, ciśnię inż tylko połową kilograma. Utrzymując przeto barometr w naczyniu, pełnem iakiego gazu, zawsze siłę jego bezwzględną, i w porównaniu z ciśnieniem atmosfery, znać będziemy. Barometr więc w miejscu otwartem utrzymywany, dwie rzeczy zupełnie różne od siebie, a przecie do-
skonałe sobie równe wskazuje: ciężar téj saméj grubości słupa atmosfery, na nim będącego, i rozprężli-
wość téj warsty powietrza, w której się sam znajduje. Barometr przeto nie tylko jest wagą atmosferyczną, ale i miarą siły rozpraszającej gazów.

108. Powiedzieliśmy wyżej, że człowiek małego wzrostu, dźwiga 380 cetnarów atmosfery, dodajemy jeszcze, że mężczyzna wysoki, nosi na sobie powie-
trza, blisko 500 cetnarów, a zatem człowiek średnie-
go wzrostu, około 440 cetnarów dźwigać musi. Dla
czego tak wielkiego ciężaru nie czujemy, iasno oka-
zuje się z tego, cośmy o dziurkowatości ciał i roz-
prężliwości powietrza mówili. Gazy znajdujące się
w porach ciał, posiadać muszą rozprężliwość tę samą
co otaczające powietrze, a że rozprężliwość powie-
trza równa się zawsze parciu atmosfery; gazy więc
i pary, któremi ciało nasze jest przeięte, cały ciężar
atmosfery dźwigają, my zaś tak iak ryby we wodzie,
swobodnie ruchy swoje w atmosferze wykonywamy.
Pomnąc także na to, że płyny we wszelkich ciążą
kierunkach, i że rozprężliwość powietrza w téj sa-
mój warście atmosfery wszędzie ta sama; wytłuma-
czyć sobie można, dla czego barometr trzymany w po-
koju, doskonale oznacza ciężar atmosfery.

109. Prawo ubywania gęstości atmosfery z wysokością. Gdy wysokość kolumny atmo-
sferycznej, rachowana od powierzchni atmosfery,
zmniejsza się w postępie arytmetycznym; i jej ciężar

ubywa w postępie ieometrycznym. Fig. 23. Niech JK
oznacza powierzchnią ziemi, AH wysokość atmosfery,
linie równoległe do JK , niech znaczą podziały
atmosfery na warsty spółśrodkowe, równé grubo-
ści, lecz tak cienkie, żeby w każdej z nich powietrze
za równo gęste poczytać można. Z samego założenia
wypada, iż wysokości kolumn $AH, BH, CH, \dots$
w postępie arytmetycznym maleją, potrzeba tylko do-
wieść, że ich waga zmniejsza się w postępie ieometrycznym.
Niech więc a wyraża gęstość warsty atmosfery,
leżącej na powierzchni ziemi: $b, c, d, \dots$
gęstości warst następujących. Niech znowu głoski
 $A, B, C, D, \dots$ oznaczają ciężary kolumn $AH, BH, CH, DH, \dots$
w tym razie $A-B$ oznaczać będzie ciężar warsty
najniższej, $B-C, C-D$ ciężary warst na-
stępujących, a ponieważ przy objętościach równych,
l. 60, gęstości są proporejonalne ciężarom; więc

$a: b = A-B: B-C$; a że znowu
gęstości są w stosunku ciśnień; więc

$a: b = B: C$; stąd wypada

$A-B: B-C = B: C$;

wziąwszy iloczyn skrajnych i średnich, będzie

$AC-BC = B^2-BC$ czyli $AC = B^2$; stąd

$A: B = B: C$.

Podobnym sposobem okazać można, że

$B: C = C: D$; czyli

że $A: B: C: D: \dots$ czyli, że ciężary kolumn $AH, BH, CH, \dots$ maleją w postępie ieometrycznym.

110. Barometr służy do wynajdowania różnicy wysokości lądów, a w szczególności, do mierzenia wysokości gór. Ponieważ
wysokości kolumn atmosferycznych, od góry liczone,
stanowią postęp arytmetyczny, a ich ciężary postęp
ieometryczny; wysokości więc kolumn atmosfery są
logarytmami swych ciężarów. Ponieważ znowu wy-
sokości barometryczne są w stosunku ciężaru kolumn

prących; więc wysokości kolumn atmosferycznych, są logarytmami wysokości barometrycznych, tym kolumnom odpowiadających. Na tej zasadzie gruntuje się matematyczna formuła, służąca do wyznajdowania wysokości gór za pośrednictwem barometru. Z formuły tej wyprowadzono tablice, za pomocą których przez proste odejmowanie i dodawanie ocenić można wysokość góry, mając tylko sześć następujących rzeczy: wysokość barometru u stopy góry i na górze, temperaturę barometru dolnego i górnego, tudzież temperaturę powietrza na dole i na górze.

III. Wysokość Atmosfery. Gdyby atmosfera była wszędzie tej samej gęstości; wysokość jej bardzo łatwym sposobem wynaleśdźby można. Wiedząc bowiem, że powietrze jest 10166 razy od merkuryusza lżejsze; potrzebaby tylko wysokość barometryczną czyli 76 c. rozmnóżyć przez pomienioną liczbę, a na wysokość atmosfery wypadłoby blisko 8000 metrów, czyli 1,2 mili ieograficznój. Lecz powietrze, iakieśmy dopiero widzieli, co raz jest rzadsze postępując w górę, wysokość więc atmosfery nieporównanie większa być musi, ale iak jest wielka, nie wiadomo dotąd. To tylko jest pewna, że atmosfera tam się kończy, gdzie siła ciężkości każdej pojedynczej cząstki powietrza, równoważy się z jego siłą rozprężliwości, a z formuły barometrycznej na wysokość gór okazuje się, że w wysokości 7,8 czyli blisko 8 mil ieograficznych, powietrze jest już tak rzadkie, iak pod dzwonem pneumatyki najlepszej, to jest, że tam już barometr tylko jeden millimetr wskazuje.

MACHINY, KTÓRYCH BUDOWA POLEGA NA CIĄŻENIU
ATMOSFERY.

Lewary. Wznoszenie się cieczy w lewarach zwyczajnych, tak jest oczywistym skutkiem ciężenia atmosfery, że się nad tem zdarzeniem zastanawiać nie

będziemy. Powiemy tylko, że gdyby lewar prosty, był używany pionowo; na ten czas mógłby tylko być dla wody na 32 d. stóp par: długi, lecz ponieważ się go zwyczajnie ukośnie trzyma; długość jego przeto nieporównanie może być większa. Większą także będzie dla cieczy lżejszych od wody, a dla merkuryusza tylko na 28 d. cali paryzkich.

Fig. 24 wskazuje *Lewar do kwasów*, który pomimo użyteczności swojej, mało u nas znany. Koniec *b* wstawia się w kwas, *a* bierze się w usta, tym sposobem kwas wznosi się rurką *bd*, i spada w bańkę *e*, a ponieważ lewar ten musi być szklany; widzieć przeto można, iak wiele kwasu jest w bańce, i kiedy należy przestać ciągnąć. Po naciągnięciu, poprostu wyjmnie się lewar, nie potrzebując zatykać palcem końca *b* lub *a*, iak się to zwyczajnie dzieje.

Fig. 25 okazuje *Lewar*, będący rurką zakrzywioną: *abc* naczynie z cieczą, *ac* jej powierzchnia. Koniec *f* bierze się w usta, i wyciąga się powietrze. Nie dziwnego, że ciecz wznosi się, i wypełnia całą rurkę, lecz gdy ją z ust wyjmujemy; ciecz tylko z ramienia *gf* wylać się, a w ramieniu *ge* wrócić do swego naczynia powinna, bo w ten czas końcem *f* atmosfera na nowo tak cisnąć zaczyna, iak cisnęła przed wyciągnięciem powietrza. Takby w samej rzeczy było, gdyby otwór *f* znajdował się nad poziomem lub na poziomie *ad* cieczy, lecz gdy jest niżej; skoro tylko ciecz raz wypełni całą rurkę, dopóty wylewać się musi, dopóki tylko koniec *f* na poziom cieczy nie wstąpi. Zatrzymajmy albowiem myślą ciecz w całej rurce *egf*: w ramieniu *eg* ciąży słup cieczy, wysoki tylko iak *gi*, l. 84, w ramieniu zaś *gf*, wysoki iak *gh*, tym czasem atmosfera z równą mocą ciśnie tak na koniec *e* iak na *f*: lecz na dźwiganie cieczy w ramieniu *ge*, mniej traci swęj sily, niż w ramieniu *gf*. Stąd wypada, że w końcu *e* ciśnie-

nie zawsze jest większe, niż w otworze *f*, ciecz przeto w ramieniu *eg* wznosić się będzie różnicą obu parć atmosfery, pozostałych od dźwigania cieczy, w obu ramieniach rurki. Gdyby koniec *f* znajdował się na poziomie cieczy; różnica ta byłaby zero, bo ciśnienie atmosfery w obu końcach, o tę samą ilość zmniejszoneby zostało. Istotnym więc warunkiem wypływania cieczy rurką zakrzywioną jest, ażeby i jej otwór był pod poziomem wypływającej cieczy. Jeżeli więc wszystkę ciecz przetoczyć chcemy; otwór ten niżej dna górnego naczynia znajdować się winien.

Fig. 26 okazuje ciekawe zastosowanie poprzedzającego lewaru: *afc* kielich, którego nóżka wpodłuż przedziurawiona, *deif* rurka. Gdy w naczyniu to nalejemy pełno cieczy, ciecz ta w część rurki *de* postąpi, w skutku ciężenia plynów na wszystkie strony, w części zaś *ef* własnym ciężarem spadać będzie. Skoro się więc raz tylko rurka *deif* napelni; ciecz już ciągle wypływać będzie, byle tylko koniec *d* był zanurzony. Gdybyśmy więc w naczyniu to ciągle nalewali cieczy; nigdy go napelnić nie zdołamy. Naczynie to zowie się *Kielichem Tantala*.

Pompy wodne. Pod l. 78 opisaliśmy już pompę wypychającą, której użycie polega jedynie na ciśnieniu cieczy we wszelkich kierunkach, tu mówić tylko będziemy o pompie ssącej i ssąco-wypychającej, w których woda dźwigana jest ciężarem atmosfery. Fig. 27 wyobraża pompę ssącą: *ab* rura, u dołu zakończona rurką cieńszą, zanurzoną w wodzie; w dnieniu rury grubszej jest otwór z klapą, do góry się otwierającą, *tm* tłok, którego bębenek przedziurawiony, i zaopatrzony klapą, podobnie otwierającą się do góry. Przypuśćmy, że obie klapy są zamknięte, i że tłok na dnie rury spoczywa; gdy go pociągniemy w górę, pomiędzy bębniem a dnem rury utworzy się próżnia, powietrze bowiem mogłoby tu w prawdzie wpaść

otworem bębniaka, lecz zamyka sobie tę drogę, przyciskając ciężarem swym iego klapę, woda przeto otworzy sobie klapę dolną, i wejdzie w rurę tak wysoko, iak się bębenek znajduje; najwyżej jednak tylko do 32 stóp paryzkich postąpić może. W tym stanie rzeczy, gdy tłok wypychać będziemy na dół; woda rozpierać się będzie na wszystkie strony, zamknie więc klapę dolną, a otworzy górną, i wyjdzie nad bębenek. Wielokrotnie to działanie powtarzając, woda dosięże rurki bocznej, i otworem o wypływać będzie.

Pompa ssąco-wypychająca, iak samo nazwisko wskazuje, jest złożona z ssącej i wypychającej. Fig. 28 przedstawia i jej rysunek: *p* bębenek pełny, *r* klapa otwierająca się do góry. Przypuśćmy, że tłok na dnie spoczywa, i że go podnosimy do góry: w ten czas klapę *r* zamknie powietrze, a woda wejdzie pod bębenek. Gdy tłok opuszczamy, klapa i zamknie się, *r* otworzy się, i woda wejdzie znowu w rurę boczną. Gdy powtórnie tłok wznosimy; klapę *r* i atmosfera i woda rurki bocznej, do otworu przyciskać będzie; ciecz przeto jedynie klapą i wejdzie w pompę.

Sikawki. Sikawka jest ręczna i wozowa. Pierwsza jest rurą prostą z tłokiem, którego bębenek pełny. Przeznaczenie tłoka jest tu dwoiakie, na przód sprawić czechość w rurze dla nabrania wody, a powtóre, wypychać i rzucić ją tam, gdzie podczas pożaru wskazuje potrzeba. Sikawki wozowe dwie są najgłówniejsze części: pompy ssąco-wypychające, i wśród nich naczynie, ze wszech stron zamknięte. Budowa tej maszyny na dwóch polega zasadach: na ciężeniu atmosfery, i na rozprężliwości powietrza. Pompy czerpaia wodę z pudła, i wtłaczaią onę do środkowego naczynia, w którym ściskane powietrze, nabywa prężności większej, od ciężenia atmosferycznego, i przyżyką swą siłą wypycha ją z naczynia rurą giętą,

która nosi imię *kiszki*. Przypuśćmy więc, że woda do połowy jest w naczyniu; w ten czas podług prawa Mariotta, prężność powietrza w niem zawartego, wyrównywa dwóm parciom atmosfery, wypycha zatem wodę siłą iednego kilograma na centymetr kwadratowy. Łatwo więc wyrozumieć stąd, że im praca przy pompach spieszniej postępować będzie, tém woda większej wysokości dosięże.

Fontanna przerywana. Fig. 29 wyobraża ją w najpospolitszym składzie: *a* bania szklana, z szyjką *b*, zatyczką szczelnie przystającą, dwoma cienkimi rurkami *r, r*, i trzecią pomiędzy niemi grubą, ukośnie ściętą: *cd* naczynie, *e* iego rurka z kurkiem, którą wody mniej odpływać może, niż razem obydwoma rurkami *r, r*. Zamknąwszy rurkę *e*, nalejmy wody w naczynie *cd*, zatkajmy potem koniec rurki ściętej, a będziemy mogli napelnić banię. Po napelnieniu bani i zatkaniu iej korkiem, odekajmy koniec ucięty, a woda rurkami *r, r* wylewać się przestanie, parcie bowiem atmosfery w *r, r, i*, utrzymać jest zdolne słup wody, przeszło na 32 stóp par. wysoki. Otwórzmy rurkę *e*: gdy woda w naczyniu zniży się tak, iż powietrze rurką ściętą do bańki wpaść będzie mogło; rurkami *r, r*, uleie się tyle wody, ile do bani wpadnie powietrza. Ponieważ z naczynia tego rurką *e* mniej odpływać będzie, niż rukami *r, r*, przypływa; z czasem więc otwór *i* zanurzy się, i stan pierwotny powróci, to jest, rurkami *r, r*, woda cieć przestanie: lecz rurką *e* ciągle odpływa, z czasem więc powietrze wpadnie znowu do bańki, rurkami *r, r*, woda wylewać się będzie... Ten przerywany wypływ dopóty trwać musi, dopóki tylko wody w bańce wystarczy.

Kalamarz aerostatyczny. Fig. 30, *abcd* przedstawia naczynie, którego do picia ptakom, lub za kalamarz używają. W naczyniu tém jest pel-

no cieczy, lecz się z powodu ciężenia atmosfery rurką *c* wylewać nie może, ale gdy się iej powierzchnia zniży w rurce pod poziom *e*; powietrze wostrokrag wpadnie, i równa ilość cieczy przeleie się do rurki. Tym sposobem rzecz dzieie się, dopóki tylko nie zabraknie cieczy. Kalamarz ten tłumaczy źródła, czasami tylko białe. Jakiego zbiegu okoliczności w tym względzie potrzeba, odgadnąć łatwo.

Dzban czarodziejski jest to imbryk, iakiego do herbaty używają, lecz pokrywka iego przylutowana, a ucho dęte, i spółkujące z naczyniem. Imbryk ten wraz z uchem i rurką do wylewania, jest przedzielony blachą pionową na dwie połowy, tak iż każda połówka ucha i rurki, z iedną komorą naczynia jest w związku. W dnie są otwory ukryte z zatyczkami, któremi nalewają się cieczy różnokolorowe do pomienionych przegród. Nadto, w każdój połowce ucha, w tém właśnie miejscu, gdzie wielkim palcem trzymać wypada, są nieznaczne dziurki, iakby od zakłócia szpilki. Gdy obie te dziurki przytkane; żadnej cieczy nalać z imbryka nie można: otworzywszy obie; z obu przegród cieczy płynąć będą, a do iednej z nich przyłożywszy palec, z niezatканej komory tylko rozciek ssaczyć się będzie. Cztery więc odmiany w tém doświadczeniu zrobić można: nie nie lać, lać iedną, potem drugą, naostatek obie razem cieczy. W ostatnim przypadku powstanie rozciek koloru pośredniego.

Lej czarodziejski jest podwójny, tak iakby ieden leiek mniejszy, był wsunięty w większy: obwodami tylko brzegów swoich są z sobą spoione, tym sposobem tworzą naczynie skryte, które nalewa się cieczą. Zatykając lub odykając dziurkę, blisko brzegu w zewnętrznym lejku będącą, można ciecz puszczać lub wstrzymywać. Tym to sposobem kuglarze puszczaia krew z udanej rany, i przemieniaia wodę w wino. Fig. 31, *abc* leiek wewnętrzny, zu-

pełnie cały, bez żadnego w *b* otworu, *aec* leiek zewnętrzny z rurką, i otworem nieznacznym przy *a*. Nalewa się naprzód wina rurką *be* pomiędzy lejki, poczem leie się woda w leiek wewnętrzny, i potem odtyka otworek, przytkany palcem: woda zostaje w lejku wewnętrznym, a z zewnętrznego leie się wino rurką *be*.

Wanienka chemiczna. Przelewanie gazów polega na ciążeniu atmosfery, tudzież na prawach równowagi cieczy. Fig. 32, *abd* przecięcie naczynia, w którym po linii *ad* znajduje się woda, *ef* ławka z otworem i lejkiem przewróconym, *h* dzwon szklany napełniony wodą, do góry dnem przewrócony. Woda z tego dzwona nie wyleie się, bo nie wylalaby się jeszcze w ten czas, choćby dzwon na 32 d. stóp paryskich był wysoki. Jeżeli więc drugi dzwon, lub iakiekolwiek naczynie z gazem, do góry dnem przewrócone, podstawimy pod leiek ławki, i jeżeli co raz bardziej, iak figura wskazuje, pochylać go będziemy; gaz iako lżejszy, przejdzie do górnego dzwona. Tym sposobem iesteśmy pewni, że wszystek gaz przelany został, i że się z powietrzem nie zmieszał. Naczynie takie nosi nazwisko wanienki chemicznej, która nalewa się merkuryuszem, jeżeli gaz przelewany rozpuszcza się w wodzie.

Flaszka Mariotta, fig. 33. Jest to w samej rzeczy flaszeczka zatkana, przez której korek przechodzi rurka, w obu końcach otwarta: na boku ma otwór o tak szczupły, żeby powietrze nie mogło w nim pruć wody. Gdyby flaszka ta zwyczajnie była zatkana korkiem; na ten czas otworem o wypływ żadnego rozcieku nastąpićby nie mógł, chyba żeby otwór ten był za wielki, l. 80. Gdyby znowu koniec dolny rurki znajdował się albo pod, albo na samej linii *ho*; ciecz otworem o lalaby się dopóty; dopóki by tylko w rurce po *b* nie opadła, bo otworem tym do flaszeczki sa-

mo tylko parcie atmosfery ciecz wepchnąć usiłując, z flaszki zaś tymże otworem wypycha ją nie tylko ciążenie atmosfery na powierzchnię *a* w rurce, lecz i ciężar kolumny rozcieku *ab*. Gdy więc bryła *ab* ciążyc przestanie, czyli gdy się z części rurki *ab* wyleie rozciek; musi ustać wypływ, który iak widzimy jest opóźnionym. Lecz gdy koniec rurki stanie na linii *cd*; bryła cieczy *ab* w ten czas tylko cała spaść będzie mogła, gdy się wszystek rozciek nad *h* o we flaszce będący, wyleie. Z początku więc doświadczenia, wypłynie tylko część tej bryły *ae*, co gdy nastąpi; powietrze bęblami wpadać do flaszki, a ciecz otworem o wylewać się będzie, tak iakby ciągle samym tylko słupem wody *eb* była tłoczona. Wypływ więc iednostajny dopóty trwać musi, dopóki wszystka woda we flaszce nie opadnie po linii *cd*. Flaszka Mariotta, szczególnie urządzona, zowie się *Gazometrem*, i służy do wylewania iednostajnego plynów, gdyż, iak pod l. 88 i 89 powiedziano, wylewanie się zwyczajne, nie jest iednostajne.

MACHINY, KTÓRYCH BUDOWA POLEGA NA PRĘŻNIU POWIETRZA.

Pneumatyka rozrzedzająca. Z tego, co dotąd powiedziano, okazuje się, że powietrze atmosferyczne znajduje się zawsze w naczyniach, które w zwyczajnej mowie uważamy za próżne, często zaś potrzeba nam mieć naczynie rzeczywiście puste. Najlepiej byłoby tu użyć próżni Toricellego, l. 92, ale otrzymywanie tej czczości, i kosztowne, i wiele zachodu wymaga. Najwygodniejszą w tym celu okazała się dotąd pompa ssąca, która, gdy tego potrzeba, za pośrednictwem rurki łączy się z naczyniem, które wypróżnić chcemy. Poruszając tłokiem, powietrze mocą prężności swój wechodzi w pompę, a stamtąd rozprasza się w atmosferę. Fig. 34 wyobra-

za pneumatykę w najnowszym składzie: *ab* pompa ssąca, *c* dzwon szklany, stojący na *mn* krążku poziomym, *ef* rurka dająca związek wewnątrz pompy z wnętrzem dzwona, *g* kurek. Krąg *mn* jest metalowy i doskonale płaski, brzeg dzwona wyszlifowany, naokoło w *mn* szmalcem lub woskiem z terpentyną wewnętrzą oblepiony, aby przeciąć wszelki związek wewnątrz dzwona z atmosferą.

Nie dajmy naprzód żadnego baczenia na część *ikh*, i przypuśćmy, że i jej wcale nie ma: nadto niech kurek *g* będzie otwarty, klapy pozamykane, tłok na dnie. Gdy pociągniemy za stępel; wiemy już, że w całej tej części rury, która się pod tłokiem znajduje, utworzy się próżnia; powietrze więc dzwona i rurki, nie znajdując tu oporu, siłą prężności swą otworzy klapę dolną, i wejdzie pod bębenek. Gdy tłok zepchniemy na dół; powietrze ściskane pod bębniem, iako plyn rozpiera się na wszystkie strony, przyciska więc klapę dolną, i przecina sobie drogę do powrotu, a otwiera klapę w bębnie, i nad niego wychodzi. Robiąc przeto stępem, zupełnie tak iak u pompy wodnej, powietrze ze dzwona wyciągać będziemy, lecz wszystkiego wyciągnąć nie zdołamy, przypuściwszy albowiem, że objętość próżni, iaką w pompie za każdym wzniesieniem tłoka sprawiamy, równa się objętości dzwona; w ten czas za pierwszym wzniesieniem tłoka, połowa powietrza wyjdzie z dzwona, za drugim, trzecim, czwartym... razem; $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$... Ponieważ szereg ten ułomków bez końca ciągnąć można; bez końca więc powietrze z dzwona wyciągać będziemy, a wszystkiego wyciągnąć nie zdołamy. Jakoż przed rozpoczęciem doświadczenia, wstawwszy barometr pod dzwon, wiemy już l. 104, że w miarę rzadnienia powietrza, barometr spadać będzie, tak iż gdy gęstość będzie 2, 3, 4, ... razy mniejsza; wysokość barometryczna podobnie 2, 3, 4, ... razy bę-

dzie mniejsza. Gdyby więc ze dzwona wszystko powietrze wyprowadzone być mogło; na ten czas barometr powinien okazać wysokość zero: kres ten iednakże nie następuje nigdy, i w pneumatykach najdokładniej zbudowanych, barometr pół linii czyli millimetr ieszcze wskazuje.

Millimetr jest $\frac{1}{760}$ częścią 76ciu centymetrów; więc powietrze najrzadsze w dzwonie pneumatyki, posiada ieszcze $\frac{1}{760}$ część siły prężności powietrza atmosferycznego, musi więc być 760 razy rzadsze: a ponieważ, l. 59, przy objętościach równych, masy są w stosunku gęstości; w dzwonie więc najlepszych pneumatyk, pozostaje zawsze $\frac{1}{760}$ część tej masy powietrza, która pierwotnie znajduje się w dzwonie. Jeżeli więc dzwon ma objętości 760 centymetrów sześciennych, zawsze w nim ieden centymetr zostać musi, a w ogólności, iak się ma wysokość barometru dzwona, do wysokości barometru w atmosferze; w takim stosunku jest masa powietrza dzwona pod czas doświadczenia, do swiej pierwotnej ilości. Okazuje się więc stąd, że tylko rozrzedzamy powietrze w dzwonie, a nie wyciągamy go zupełnie, dla tego to czczość dzwona pneumatycznego, odróżniaia od czczości *Toricellego*, zowiąc ją czczością *Guerikiego*, od imienia wynalazcy (r. 1686) pompy powietrznej.

Ćwierćbarometru. Gdybyśmy w poprzedającym doświadczeniu, cały barometr pod dzwonem trzymać chcieli; dzwon musiałby mieć przynajmniej wysokości 30 d. c. p. Dzwonów tak wielkich wydymanie jest trudne, a nadto barometr zabierałby w nich dużo miejsca, które na inny użytek jest przeznaczone. Z tego powodu do pneumatyk nie używa się barometru całego, lecz tylko kawalek, i barometr ten mieści się w osobnym dzwonku, mającym związek z rurką, łączącą pompę z dzwonem. Jakoż wzięwszy rur-

kę na 38 centymetrów czyli 14 d. c. p. długą, w iednym końcu zalutowaną, a w drugim otwartą, dopóły, to jest na 19 centymetrów czyli 7 d. c. p. merkuryuszem nalaną. i w samym środku zgaiwszy ją tak, aby ramiona były do siebie równoległe, na ten czas wszystek merkuryusz w ramieniu zamkniętym, utrzymywać się będzie, choć rurkę tę pionowo, do góry końcem otwartym trzymać będziemy, albowiem ciężenie atmosfery, udźwignęłoby nawet słup merkuryusza na 76 centymetrów, czyli cztery razy wyższy. Rurka więc ta przytwierdzona do tabliczki, ze stosowną podziałką, będzie czwartą częścią syfonowego barometru, dla tego się też *Ćwierćbarometrem* nazywa, i na figurze widzimy ją pod głoskami *ik h*. Barometr więc ten dopóty nieczułym będzie na rozrzedzenie powietrza, dopóki tylko pierwsze trzy czwarte części pierwotnej objętości powietrza wyciągamy z dzwona: dopiero gdy ostatnią część czwartą pompujemy, opadać zaczyna.

Dla iasniejszego wytłumaczenia rzeczy, w opisie pneumatyki o iednej tylko mówiliśmy pompie, lecz wiedzieć trzeba, że się ich dwie zawsze obok siebie znajduje, i dla tego to rurka *ef*, w końcu *e*, na kształt głoski *Y* dzieli się na dwie odnogi, z których każda do osobnej pompy prowadzi. Prócz tego na tłoki działa się za pośrednictwem korby: tym sposobem robota z pośpiechem i łatwością postępuje. Nakoniec cała machina jest przytwierdzoną do mocnego stołu, a zamiast klap w pompie, czopki same się otwierają, aby powietrze w drodze swój do pompy, żadnego nie doznawało oporu. Gdy naczynie po rozrzedzeniu powietrza ma być z pneumatyki zdejmowane; wtedy musi mieć postać kuli, zaopatrzonej rurką z kurkiem, aby się do końca rurki *r* w talerzu przyśrubować mogła.

Oprócz głównego przeznaczenia swego, pneumatyka służy ieszcze do czynienia wielu doświadczeń. Jakoż:

1od. Wpuściwszy pod iej dzwon iakie zwierze, np. ptaka, lub postawiwszy tam zapalony stoczek, i wyciągnąwszy powietrze; ptaszek zdechnie, a stoczek zgaśnie. Stąd okazuje się, że bez powietrza, ani zwierzęta żyć, ani ciała palić się nie mogą.

2re. Weźmy pęcherz, wygnieśmy z niego, ile bydź może powietrze, zawiążmy go, i włóżmy pod dzwon pneumatyki. Za poruszeniem tłoków, pęcherz wydymać się będzie, w miarę albowiem, iak się przez rozrzedzenie, osłabia prężność powietrza w dzwonie, siła rozpraszająca tego gazu w pęcherzu, nie znajdując dostatecznego oporu, powiększać będzie objętość iego dopóty, dopóki się z parciem zewnętrznym nie zrówna. Ta epoka w ten czas dopiero nastąpić może, gdy stęplami pompy przestaniemy poruszać. Jeżeli pęcherz jest słaby; pęknąć może. Doświadczenie to najdokładniej okazuje działanie siły, rozpraszającej cząstki gazów na wszystkie strony.

3cie. Weźmy flaszkę, nalejmy ją do połowy wodą, zatkajmy korkiem przedziurawionym, i w otworze korka zatknijmy rurkę, w obu końcach otwartą, tak aby prawie dwa flaszeczki sięgala. Wstawmy ją pod dzwon pneumatyki, i wyciągajmy powietrze: woda rurką wytryskać będzie, ciśnienie albowiem powietrza wewnątrz flaszki, tak iak w poprzedzającym doświadczeniu, w pęcherzu, będzie większe niż w dzwonie. Flaszka taka nazywa się *Fontanną w czczości*. W obu ostatnich doświadczeniach rozprężliwość powietrza była przyczyną skutków, w następujących ciężar atmosfery działać będzie.

4te. Weźmy walec szklany w obu końcach otwarty, obwiążmy ieden koniec pęcherzem, postawmy go drugim końcem na talerzu pneumatyki, osmarujmy

smalcem, i wyciągamy z niego powietrze: pęcherz z początku zapadać się będzie, a nakoniec z hukiem pęknie: gdyby zaś kres ten nie następował prędko; samo dotknięcie palcem, przyspieszyć go potrafi. Gdyśmy postavili walec ten na krążku pneumatyki; powietrze w nim zawarte utrzymywało cały ciężar kolumny atmosfery, na pęcherzu spoczywającej, w miarę zaś rozrzedzania, pęcherz co raz większy ciężar, a nakoniec prawie całą kolumnę atmosfery dźwigać był przymuszony.

5te. Pomieniony walec nakrywamy taflą szklaną, i zakitowawszy należycie szpary; tafla podobnie w drobne potrzaska się kawałki.

6te. Gdy pomieniony walec jest tak małej średnicy, że iabłkiem zatkany być może; za poruszeniem tłoków, iabło obkroi się, i na talerz pneumatyki upadnie.

7me. Gdy na tym samym walcu będzie osadzone naczynie drewniane, którego słoie pionowo idą, w naczynie to nalawszy merkuryusza; za poruszeniem tłoków, metal przez drzewo ssączyć się, i kroplami na talerz pneumatyki spadać będzie.

8me. Weźmy kulę metalową dętą, złożoną z dwóch półkul, uchami zaopatrzoną: u jednego półkula niech będzie rurka z kurkiem i gwintami, tego samego wymiaru, iakie się w rurce talerza pneumatyki znajduje. Gdy z kuli tej wyciągniemy powietrze; nie będzie jej można rozerwać; parcie bowiem atmosfery obie półkule do siebie przyciskać będzie, i znając średnicę kuli, ciśnienie to wyrachować można. Z rachunków tych okazuje się, że gdy kula ma półtrzecięj stopy średnicy; siła szesnasta koni do jej rozerwania jest niedostateczna. Kula ta *Magdeburgską*, albo kulą *Guerikiego* nazywa się.

Pięć ostatnich doświadczeń wskazuje, że dzwon pneumatyki, równie iak kula szklana, gdy z niej wy-

ciągamy powietrze, pęknąć powinny. Naczynia te pękłyby niezawodnie; gdyby ich własna od tego nie zabezpieczała postać. Jakoż, kula uważana być może, iakoby się z dwóch sklepień półkulistych składała: dwon znowu jest półkulą osadzoną na walcu, a walec ma także budowę sklepiastą. Ponieważ sklepienie uważane być może za zbiór klinów, głowami obróconych na zewnątrz, z tego powodu wielkie parcie z zewnątrz na wewnątrz znosić może, iak tego w budowie domów mamy przykład. Parcie to atmosfery na dzwon, czuć się dać w ten czas, gdy go po wyciągnięciu powietrza, z talerza pneumatyki zdjąć chcemy: dokazać tego bowiem inaczej nie można, tylko aż w niego wpuścimy powietrze. Kula z wszelką łatwością po wyciągnięciu powietrza, z pneumatyki zdjąć się dać, bo parcie atmosfery, ze wszelkich stron równo, na jej powierzchnią wywierane, samo się o siebie rozbiła.

Bańki są w pewnym względzie pneumatyką rozrzedzającą: przez palenie w nich papieru.... rozszerza się powietrze, a kurezy się stygnąc, gdy bańkę postavimy na cieple. Powietrze więc naszego ciała, nie znajdując w tém miejscu należytego oporu, rozszerza się, i wzdyma ciało.

Pneumatyka zgęszczająca ma zupełnie tę samą postać, co pompa rozrzedzająca, lecz jest pompą ssąco-wypychającą, a zatem jej klapy nie z dołu do góry, ale z góry na dół otwierają się, prócz tego dzwon jest do krążka przysrubowany, ażeby siłą zgęszczanego powietrza nie był z pneumatyki zrucony. Gdy w maszynie tej tłok podnosimy do góry, kłapa dolna zamyka się prężeniem powietrza, będącego w dzwonie, a górna otwiera się parciem atmosfery, i powietrze pod bębenek wpada. Gdy tłok spuszczaemy, powietrze pod nim będące, zamyka jego kłapę, a dolną otwiera, i udaje się do dzwona.

Pompa ssąco-tłocząca sama częściej się do zgęszczania powietrza używa, od poprzedzającej maszyny, i w ten czas ma postać następującą. F. 35, a rurka z gwintami na końcu, i kłapą otwierającą się ku wnętrzu rury: do niej przyśrubowywa się pęcherz, zaopatrzony w kurek, z gazem takim, jaki zgęścić mamy. W dnie pompy znajduje się druga kłapa, lecz ta otwiera się zewnątrz pompy, to jest, na dół. Każda kłapa ma swoją sprężynę, która ją do otworu przyciska, tak iż te są ciągle zamknięte. Gdy tłok do góry postępuje; kłapa boczna otwiera się, i gaz z pęcherza wchodzi w pompę. Gdy tłok opada; kłapa boczna zamyka się, dolna otwiera się, i gaz przechodzi do naczynia, w które pompa za pośrednictwem rurki dolnej *b* jest wśrubowana. Gdy naczynie ma być nabiane powietrzem; na ten czas odśrubowuje się pęcherz, a rurką boczną wpada powietrze, gdy tłok postępuje w górę. Tym to sposobem nabija się wiatrówka, i fontanna z naciśnienia, o której na samym początku mówiliśmy. Pompa ta, od pompy fig. 28, tem się tylko różni, że kłapa boczna jest tu dolną, a dolna boczną.

Manometry. Każde naczynie, w którym znajduje się barometr, służący do oznaczania prężności gazu, w niem zawartego; zowie się Manometrem. W tej mierze i pneumatyka jest Manometrem, bo ćwiercią barometru jest zaopatrzona. Lecz barometr zwyczajny nie może okazać siły gazu, większej od parcia atmosfery, iak np. prężenia pary wodnej w kotłach parowych. W takim razie używa się rurki, f. 36, której ramie lewe osadza się w kotle, tak iż banika z wnętrzem kotła ma wolny związek. Ramie prawe jest zalutowane, i w niem znajduje się powietrze. Część zacieniowana, merkuryusz oznacza. Gdy metal ten w obu ramionach ma wysokość równą; prężenie pary w kotle, równa się prężeniu powietrza w ra-

mieniu zalutowaném. Jeżeli w ramie to merkuryusz przejdzie, tak iż powietrze połowę, ćwierć,... dziesiątą część pierwotnej objętości zajmować będzie; prężenie też pary będzie 2, 4,... 10 razy większe. Jeżeli za tem powietrze na początku ma prężność średnią; w tym przypadku para siłą 2, 4,... 10 kilogramów na centymetr przeć będzie.

Kłapy zabezpieczające. Miewają niekiedy postać czopa, f. 37. Służą do zabezpieczenia kotłów parowych od pęknięcia. Nim siła pary powiększy się do tego stopnia, iżby kocioł rozerwać mogła; kłapa się otwiera, część pary z wielkim szelestem uchodzi, a to jest skazówką, iż ogień zmniejszyć potrzeba. Dajmy na to, że się kłapa otworzyć powinna wtedy, gdy para czterech parć atmosfery dosięże, czyli gdy na centymetr kwadr. siłą czterech kilogramów działać będzie. Jeżeli otwór centymetr kwadratowy zajmuje; na ten czas waga kłapy trzy kilogramy mieć winna, dodawszy bowiem kilogram parcia atmosferycznego na kłapę; para w ten czas ją dopiero podniesie, gdy czterech parć atmosferycznych nabędzie. Gdyby otwór 2, 3, 4, razy był większy; kłapa tyleż razy cięższa być winna.

ROZDZIAŁ VI. PRAWO ARCHIMEDESA.

112. Ciało zanurzone w płynie, tyle traci swego ciężaru, ile waży płyn przez niego wyrugowany. Prawo to następującym sposobem okazać można. Weźmy wagę hydrostatyczną, i jeden walec mosiężny pełny, a drugi dęty, lecz żeby pojemność drugiego była równa bryłowatości pierwszego. Postawmy walec dęty na jednym talerzu wagi, a na drugi nasypmy tyle śrutu, ile do równowagi potrzeba. Zawieśmy walec pełny na wloście końskim u haczyka tego talerza, na którym stoi

walec pusty, a na drugim kładźmy gwichty, dla znalezienia wagi pełnego walca. Weźmy szklanę z wodą, podstawmy ją pod walec wiszący, i podnieśmy ją tak wysoko, aby się walec zanurzył: postrzeżemy w ten czas, iż się równowaga zepsuie, że ramie drąga, na którym gwichty, przeważy. Wnieśmy stąd, iż się zmniejszył ciężar walca, przez zanurzenie we wodzie. Napelnijmy teraz wodą walec, na talerzu stojący, a zobaczmy, iż równowaga przywróconą zostanie. Wnieśmy znowu, że teraz walec pełny wraz z wodą dętego walca, tyle waży, ile gwichty, czyli ile ważył sam walec, gdy nie był we wodzie.

Gdy się walec ten zanurzył; wyrugował ze swego miejsca bryłę wody, mającą objętość, równą swojej, czyli tę samą, iakąśmy w walec próżny nalali, albowiem objętości obu walców są sobie równe. A że ciężar téj saméj objętości wody eo walca, dodany do ciężaru walca we wodzie, równowagę przywrócił, czyli wyrównał wadze walca pełnego; walec więc ten we wodzie stracił tyle swego ciężaru, ile waży woda w czejm walecu, czyli tyle, ile waży taka sama objętość wody, eo walca.

Doświadczenie to z każdym ciałem, i na każdym płynie powtarzać można: z gazami tylko większa w wykonaniu zachodzi trudność, lecz że prawo Archimedes'a i do nich się rozciąga, o tém przekonywa *Dazyometr*. Jest to mała wałka, u której zamiast talerzy wiszą kule mosiężne, co do wagi równe, lecz różne co do objętości, mniejsza bowiem jest pełna, większa dęta. Ważkę tę wstawiwszy pod dzwon pneumatyki, i wyciągnąwszy powietrze; zobaczymy, że kula większa przeważy, bo choć każda w powietrzu traci pewną część swego ciężaru; lecz większa traci więcej. Gdy ie przeto przeniesiemy w próżnię; każda odzyska swą stratę, lecz mniejsza mniej zyska, i z tego powodu musi iść w górę. Z tego tak-

że powodu zrównoważywszy naszalce np. pierze z oliwem, i przeniósłszy się na górę; pierze przeważy oliw.

113. Prawo Archimedes'a tłumaczy się w następujący sposób: fig. 38, *abcd* naczynie, *ab* poziom wody. Wykrojmy sobie myślą sześcian wody *efgh*, wśród całej masy téj cieczy w naczyniu. Sześcian ten w swém miejscu zostawać może, bo parcie na całym poziomie *mn* jest wszędzie iednakie, że zaś nie spada na dno; cały więc swój ciężar traci. Wystawmy sobie teraz, że miejsce to zajmuje ciało, dwa razy od wody cięższe: teraz już sześcian utrzymać się tu nie może, bo parcie na poziom *mn*, naokoło niego jest mniejsze, gdyż wszędzie wyobraża . ciężar bryły wody taki, iak *kgfi*, tylko na miejscu *gf*, leży bryła *kgfi*, w części *khei* z wody, a w części *hgfe* z ciała cięższego od wody złożona. Taki więc sześcian, podobnie iak pierwszy, straciwszy część swój wagi, równą takiejże bryle wody, upadł na dno musi. Gdy *hgfe* będzie bryłą dwa razy od wody lżejszą, parcie znowu na części *gf* poziomu *mn* będzie mniejsze, niż naokoło, sześcian przeto musi iść w górę dopóty, dopóki podstawa jego nie dosięże takiego poziomu, który tak, iak woda, uciskać będzie. Zdarzenie to nastąpi w ten czas, gdy się wynurzy o połowę z wody, bo ciężar bryły wody, mającej tę samą podstawę, co ciało, a wysokość dwa razy mniejszą, dopiero się równa wadze tego ciała. Z tego rozumowania wypada, iż ciała równo ciężkie z płynem, w każdym miejscu jego masy spoczywać mogą, cięższe tonąć, a lżejsze pływać po jego powierzchni muszą. Cięższe tracą tylko część swój wagi, równą ciężarowi wody wypchniętej, a lżejsze i równociężkie, cały swój ciężar.

Do tego rodzaju doświadczeń służy *Diabelek Deskarta* (Ludyon), fig. 39. Jest to figurka z emalii,

zawieszona u bańki szklanej, mającej szczytły otwór. Bańki tej z figurką jest ciężar taki, że się pod wierzchem wody utrzymywać może, w ten sposób, iż kulka częścią tylko nurza się w wodzie, a figurka u niej wisi w tej cieczy: jeżeli więc użyjemy szklanki wysokiej, a otwór jej pęcherzem obwiążemy szczelnie; stosownem naciskaniem tej błony dokazać można, że diabełek pójdzie na dno, lub w którejkolwiek głębokości utrzymywać się będzie. Gdy naciśniemy lekko, ażeby w bańkę tyle tylko rozcieku weszło, iżby ta wraz z figurką miała ten sam ciężar co równa objętość wody; diabełek nie utonie: lecz gdy bańkę obciążymy wodą bardziej; figurka upadnie na dno.

Rozmówienie pod l. 113, tłumaczy wznoszenie się Balonów czyli Aerostatów. Balon jest to kula z gumowanej kitajki, napelniona gazem wodorodnym, 14 razy od powietrza atmosferycznego lżejszym: dopóty więc w górę wznosić się musi, dopóki nie dosięże poziomu, który tak uciskać będzie, jak kolumny powietrza, które go otaczają. Dosięże więc tej wysokości, w której jego ciężar, wraz z tem wszystkiem co dźwiga, zrówna się z ciężarem powietrza atmosferycznego, tej samej objętości. Nim gaz wodorodny poznano, balony puszczane były za pomocą rozrzedzonego powietrza, to jest: w kagańcu zawieszonym u otworu aerostatu, palono pochodnie i t. p. materiały palne, przez to powietrze w balonie rozrzedzało się, i stawało od otaczającego rzadszem, lecz sposób ten, z powodu pożarów niebezpieczny, zarzucono: dziś go tylko sami kuglarze używają.

Prawo Archimedesza objaśnia jeszcze mnóstwo zdarzeń, i tak: dla czego wszystkie ciała są lżejsze we wodzie, niż w powietrzu, a w cieczach rzadszych cięższe, niż w gęstszych — dla czego różne ciała pływające po tej samej cieczy, tém bardziej się z nią

wynurzaia, im są lżejsze, i na odwrot — dla czego znowu jedno i toż samo ciało pływające, w jednej cieczy zanurza się płycej, w drugiej głębiej, a w innej tonie, np. okręty przepływające z morza na rzeki, w miarę iak się na wodę słodką dostają; coraz się głębiej nurzaia: żelazo, miedź, cynk, cyna, srebro, i ołów toną we wodzie, a po merkuryuszu pływają. tym czasem naczynia z tych metalów budowane, utrzymują się na powierzchni wody. Taż sama przyczyna objaśnia i tę osobliwość, dla czego osoby otyłe, tonąć nie mogą, a nie umiejące pływać, są na wodzie bezpieczne, gdy się zaopatrzą w pęcherze. Używanie pasów blaszanych, i t. p. narzędzi do pływania, na tej także polega zasadzie, i t. d.

114. Zastosowanie prawa Archimedesza do wynajdowania objętości brył nieforemnych. Ponieważ woda, przez ciało w nią zanurzone, wypchnięta, ma zawsze objętość równą cięłu; znając przeto objętość tej bryły wody, tém samym i objętość ciała poznamy. Objętość zaś wody wypchniętej, znajduje się bardzo łatwym sposobem, pamiętając, że gram odpowiada centymetrowi sześciennemu, kilogram decymetrowi takiemuż, i t. d. Jeżeli więc woda wypchnięta, waży gramów lub kilogramów 6; na ten czas ciało tyleż centymetrów, lub decymetrów sześciennych mieć będzie. Słowem: *strata ciężaru ciała we wodzie, wyrażona w gramach, kilogramach, i t. d. oznacza liczbę centymetrów sześciennych, albo litrów i t. d. objętości ciała.*

115. Zastosowanie prawa Archimedesza do wynajdowania gęstości czyli ciężaru gatunkowego ciała. Ponieważ dla otrzymania wypadków, niezależnych od objętości bezwzględnej, zgodzono się, ażeby gęstość wszystkich ciał porównywać z gęstością wody, czyli co na jedno wychodzi, wagę wody uważać za 1; prawo zatem Archimedesza,

podaje łatwy sposób dochodzenia ciężaru gatunkowego ciał stałych. W takim rozumieniu rzeczy, liczba wyrażająca ciężar gatunkowy ciała, oznacza, ile razy ciało to jest cięższe lub lżejsze od wody: *liczba więc wyrażająca ten ciężar, jest ilorazem z ciężaru ciała, przez ciężar wody, mającej tę samą objętość.*

116. Gęstość ciał stałych. Do dochodzenia gęstości ciał stałych, potrzebna jest waga dokładna, tudzież flaszeczka z wcieraną zatyczką, lub szklanka z brzegiem szlifowanym, i takimże krążkiem. Waży się na przód ciało, potem obok ciała, stawia się flaszeczka zatkana, pełna wody, a na drugim talerzu kładzie się tyle gwichtów, ile do zrównoważenia ięj potrzeba—zdejmuje się flaszeczka i ciało, zostawiając na swém miejscu gwichty, rzuca się ciało do flaszeczki, przez co uleie się taka objętość wody, jaką ma ciało—zatyka się flaszeczka, i na powrót stawia na talerzyku wagi. W ten czas potrzeba będzie z drugiego talerza zdjąć tyle gwichtów, ile waży woda wypełniona, czyli mająca tę samą objętość, co ciało: przez tę wagę podzieliwszy wagę ciała, będziemy mieli gęstość ięgo, *np.* gdy samo ciało waży 10 łutów (a), a wraz z flaszeczką, pełną wody, 110 łutów; gdy znowu po wrzuceniu ciała do flaszeczki, ta 105 łutów ważyć będzie; oczywistą jest rzeczą, że ciało we wodzie straciło 5 (b) łutów, czyli, że woda, która się ulala, tyleż łutów waży. A że ciało waży 10, woda tęj samej objętości 5 łutów; iloraz przeto $\frac{10}{5} = 2$ będzie ciężarem gatunkowym ciała, czyli co na iedno wychodzi, że ciało to 2 razy od wody cięższe. Ten sam sposób służy i ciałom od wody lżejszym, tylko w tym razie strata (b), jest zawsze większa od wagi (a), gdy tym czasem dla ciał cięższych, (b) musi być zawsze mniejsze od (a). Stąd wypada, że tu iloraz nigdy całkowitych zawierać nie będzie, po czém od

razu ciała cięższe od lżejszych względem wody poznać można.

117. Gdy ciało jest rozpuszczalne w wodzie; bierze się ciecz, której ciężar gatunkowy względem wody już jest znany, *np.* oliwę, oleiek terpentynowy, alkohol, i t. p. i względem nięj szuka się ciężaru gatunkowego ciała, a ciężar ten rozmnożony przez ciężar gatunkowy cieczy, będzie ciężarem gatunkowym ciała. I tak *np.* jeżeli użyjemy cieczy dwa razy lżejszój od wody, a okaże się, że ciało od tēj cieczy także dwa razy lżejsze; na ten czas ciało względem wody będzie 2×2 czyli 4 razy lżejsze.

118. Gęstość cieczy. W tēj samej flaszeczce, o której mówiliśmy wyżej, waży się na przód woda, a potem ciecz, których gęstość poznać chcemy, i wagi te dzielą się przez wagę wody. Samo przez się rozumi się, że w tym razie wagę samej flaszeczki znać potrzeba, i tę od każdej wagi odtrącać. Ten sposób szukania ciężaru gatunkowego cieczy, nie polega, iak widzimy, na prawie Archimedesas.

119. Gęstość gazów. W dochodzeniu gęstości gazów, podobnie iak cieczy, biorą się wprost objętości równe, lecz zamiast flaszeczki, używa się bania szklana, o której przy pneumatyce była mowa. Nadto, ponieważ ciała lotne są nieporównanie lżejsze od wody, a ich ciężar gatunkowy wyraża się w ułamkach dziesiętnych; dla uniknienia przeto zbyt długich szeregów liczb, zgodzono się, aby gęstość gazów do powietrza atmosferycznego odnosić. Liczby przeto wyrażające ciężar gatunkowy ciał lotnych, oznaczają, ile razy gaz jest cięższy lub lżejszy od powietrza atmosferycznego, którego gatunkowy ciężar względem wody poznawszy, będziemy także znali ciężar gatunkowy gazów względem wody. Chcąc oznaczyć gęstość powietrza względem wody; z pomienionēj bani wyciąga się powietrze, i waży się ią na przód, dla poznania ięj

wagi—po tém wpuszcza się powietrze, i powtórnie waży—na ostatek waży się bania pełna wody. Z tego doświadczenia okazuje się, że powietrze przy ziemi jest 770 razy lżejsze i rzadsze od wody, czyli że ciężarem gat. powietrza jest $\frac{1}{770}$. Tym samym zupełnie sposobem dochodzi się gęstości gazów: z pomienionej bani wypompowuje się powietrze, na jego miejsce wpuszcza się gaz, i po odtrąceniu wagi bani, dzieli się waga gazu przez wagę powietrza.

120. Poprawki.

Isze. Ponieważ każde ciało w każdym płynie traci tyle swego ciężaru, ile płyn wypchnięty waży; wszystkie więc wypadki na wagę ciał otrzymane, tak w powietrzu, iak i w wodzie, nie są nigdy rzetelne. Co się tyczy gwichtów, te chociaż w powietrzu, tak iak wszystkie ciała są lżejsze; strata przecież ich wagi nie wpływa ani na wynajdowanie bezwzględne, ani gatunkowego ciężaru, albowiem są one tylko iednostkami porównania, czyli stosunkiem. Inaczéj rzecz dzieie się ze względu na ciężar ciał wszystkich innych: gdy iednakże różnica w gęstości ciała i wody nie wielka; uchybienie jest małe, i zaniedbane być może, lecz gdy różnica znaczna; błąd poprawić należy.

2re. Pod liczbą 104 widzieliśmy, że gęstość gazów zmienia się z ciśnieniem atmosfery: ciężar więc ich gatunkowy z wysokością barometryczną zmieniać się musi: w różnych przeto czasach wynajdowany ciężar gatunkowy tegoż samego gazu, wypadalby rozmaity. Zgodzono się więc, aby gęstości gazów dochodzić w ciśnieniu atmosfery 76 centymetrów, to jest: znalazłszy wagę pewnej objętości gazu, w iakiémkolwiek ciśnieniu, na zasadzie prawa Mariotta, obrachowywa się zawsze, ile ta sama objętość ważyć powinna w ciśnieniu 76 centymetrów.

3cie. Wiadomo także, iż wszystkie ciała rozszerzają się od ciepła, a gazy rozszerzają się najbardziej. Za

rozszerzeniem idzie rozrzedzenie, a za tém zmniejszenie ciężaru ciała. Gdyby więc znowu ciężaru gatunkowego tych ciał, w różnych temperaturach dochodzono; wypadki otrzymywanoby z sobą niezgodne. W téj mierze znowu ułożono się, ażeby wypadki wprost otrzymane, sprowadzać do temperatury zero. Poprawka ta z poprzedzającą, zamknięta jest w iednej formule, którą poznamy w nauce o Ciepłiku, pod tytułem: *Rozszerzalność ciał*.

4te Zmienność temperatury ma także wpływ na zmianę gęstości wody, i z tego powodu czyni się również poprawka, o której podobnie przy *Rozszerzalności ciał* od ciepłika powiemy. Tu tylko dodamy, że do szukania ciężaru gatunkowego ciał, bierze się woda najgęstsza, to jest, mająca temperaturę 4,1 stopnia termometru Celsyuszowego. Samo zaś z siebie rozumi się, iż do tego rodzaju doświadczeń woda czysta, to jest, dystylowana czyli przekroplona ma być użyta.

Tablica ciężaru gatunkowego ciał stałych.

Woda dystylowana 1,000	Bursztyn	1,078
Korek 0,2400	Węgiel kamienny .	1,329
Topola pospolita . 0,3830	Cukier	1,610
Jedlina 0,550	Dębina stara . . .	1,670
Lipa 0,6040	Kość słoniowa . . .	1,9170
Sosna 0,6570	Sól kuchenna . . .	1,918
Jabłoń 0,7330	Siarka rodzima . .	2,0332
Jesion 0,7450	Gips	2,3117
Wiąz 0,8000	Poreclana Chińska	2,3847
Cis 0,8070	Szkło posp. białe	2,4882
Buk 0,8520	Szkło zielone . . .	2,5
Lód 0,930	Krzemień	2,6
Dębina młoda . . . 0,930	Marmur	2,638
Sadło, słonina, masło 0,943	Granit	2,673
Wosk 0,95	Kamień wap. kryst.	2,7182

(Ciąg dalszy.)

Kreda	2,739	Miedź w drutach	8,8785
Perły	2,7500	Miedź lana . . .	8,788
Szmaragd zielony .	2,7755	Bismut lany . . .	9,8220
Flintglas angielski	3,3293	Srebro lane . . .	10,4743
Dyament najcieńszy	3,5310	Ołów lany	11,3523
Antymon lany . . .	6,7120	Merkur. w temp. 0 ²	13,5980
Cynk lany	6,8610	Złoto lane	19,2587
Żelazo lane	7,2070	— kute	19,3617
Cyna lana	7,2914	Platyna czysta . .	19,5000
Żelazo w sztabach	7,7880	— kuta	20,3376
Stal nie hartowana	7,8163	— w drutach . . .	21,0417
Nikiel lany	8,2790	— w blaszkach	22,6690
Arszenik	8,3080	— hartowana . . .	23,000
Mosiądz	8,395		

Tablica ciężaru gatunkowego cieczy.

Woda dystylowana	1,000	Wino Bordo . . .	0,9939
Eter siarczany . . .	0,7155	Mleko	1,0300
Alkohol bezwodny	0,7920	Woda morska . . .	1,0263
Nafta	0,8475	Kwas saletrowy . .	1,2175
Oleiek terpentyn.	0,8697	Woda z morza Mar-	
Oliwa	0,8153	twego	1,2403
Wino Burgońskie	0,9215	Witryol	1,8409

Tablica ciężaru gatunkowego gazów.

Nazwisko gazu	Gęstość.	Waga kwarty na 0° i 76 c.
Powietrze	1,000	— 1,299 gram.
Kwas węglowy	2,5245	— 1,9805 —
Kwas solny	1,2474	— 1,6205 —
Kwasoród	1,1026	— 1,4323 —
Saletroród	0,9757	— 1,2675 —
Wodoród	0,0688	— 0,0894 —
Para merkuryusza . . .	6,976	— 9,062 —
— olejku terpentyn:	5,013	— 6,512 —
— eteru siarczanego . .	2,586	— 3,395 —
— alkoholu bezwodn.	1,6133	— 2,0958 —
— wodna	0,6235	— 0,8100 —

121. Użytek ze znajomości ciężaru gatunkowego ciała. Jest bardzo wielki, za pomocą niej bowiem z objętości ciała, ich wagę, a z wagi objętość poznawać możemy, często zaś zdarza się, że tylko samą objętość lub sam ciężar ciała mieć możemy. Ciała sztuka w tej mierze na tym polega, ażeby sobie zamiast ciała danego, wystawiać zawsze wodę. W takim przypuszczeniu zawsze będziemy wiedzieli, że gram, kilogram,.... znaczy centymetr, decymetr sześcienny,.... i naodwrot, bo taki jest stosunek ciężaru z objętością wody. Po czym dopiero liczbę tak przypuszczoną, trzeba dzielić lub mnożyć przez ciężar gatunkowy ciała, stosownie do tego, czego szukamy, objętości, czy ciężaru. I tak np. chcąc się dowiedzieć, ile waży 10 decymetrów ołowiu; wystawiam sobie, że mam 10 decymetrów wody, a tym samym poznać, że mam 10 kilogramów wody, a że ciężar gat. ołowiu jest 11, czyli ponieważ w tej samej objętości, ołów jest 11 razy cięższy od wody; taka sama przeto bryła ołowiu, 11 razy więcej ważyć będzie, czyli $10 \times 11 = 110$ kilogramów. Na odwrot, gdybym miał 110 kilogramów ołowiu, a chciał poznać jego objętość; wystawilbym sobie, że mam 110 kilogr. wody, a tym samym 110 decymetrów, a ponieważ ołów jest 11 razy od wody cięższy, 11 razy zatem mniej go na tę samą objętość potrzeba, więc $110 : 11 = 10$ decymetrów, będzie objętością danej wagi ołowiu.

AREOMETRY.

Areometry są to walce lub kule dęte, metalowe lub szklane, z prętami lub rurkami u góry, a u dołu obciążone merkuryuszem lub śrutem, żeby w cieczach pionowo pływać mogły. Służą tylko wyłącznie prawie do wyznajdowania gęstości cieczy, a budowa ich polega na tej części prawa Archimedesza, że ciężar ciała pływającego, równa się ciężarowi cieczy wy-

pehniętęj. Jedne mają objętość stałą, a ciężar zmienny, i niekiedy *Gravimetrami* lub *Hydrometrami* nazywane bywają: drugich ciężar jest stały, a objętość zmienna, i te są *Areometrami* właściwemi. Do pierwszych liczy się areometr *Fahrenheita* i *Nicholsona*, które najczęściej mosiężne bywają, reszta należy do drugiego rodzaju, i te są zwykle szklane.

122. Areometr *Fahrenheita*. Fig 40, *a* bańka lub walec dęty, *bd* pręcik, *d* miseczka, *e* druga bańka mniejsza, merkuryszem lub śrutem obciążona, by całe narzędzie pionowo pływać mogło. Waga tego narzędzia musi być znana, i zwykle na walecu wypisana bywa. Oprócz tego są jeszcze drobne gwichty, w jednostkach takich, w jakich ciężar samego areometru oznaczony. Gdy np. wagę waleca z pręcikiem i miseczką, oznaczono w granach; na ten czas gwichty, dla łatwiejszej rachuby, także granami być winny. Nadto jeszcze walec ów lub bańka tak lekka, by być musi, aby puszczona na wodę, nie zanurzyła się cała, lecz żeby część ięj, i cały pręcik z miseczką, był wynurzony.

Niech areometr waży 1000 gr i niech się sam nurza: po *c*: kładźmy gwichty na miseczkę, aż się zanurzy np. po *o*: jeżeli ten punkt na pręciku oznaczmy stale, i spamiętamy, żeśmy na miseczce np. 1000 gran położyli; w ten czas na zawsze wiedzieć będziemy, że bryła wody, taka jak walec *ab*, i część pręcika *bo*, 2000 gran ważyć będzie, albowiem tyle waży cały areometr wraz z dodanemi gwichtami. Gdy przeto zdejmujemy gwichty, a samo narzędzie puścimy na ciecz lżejszą, której gęstość poznać chcemy, na alkohol np. w cieczy tej walec zanurzy się głębiej, niż we wodzie, lecz z powodu lekkości swojej nigdy po znak stały o nie zatonie. Dokłada się więc gwichtów na miseczkę, aby punkt *o* przypadł na powierzchnię alkoholu, i przypuścimy że ich 584 położyć trzeba by-

to: na ten czas znowu wiedzieć będziemy, że 1584 gran waży taka objętość alkoholu, jaką ma walec i część pręcika *bo*, czyli jaką miała woda, 2000 gran ważąca. Aby więc poznać gęstość alkoholu; potrzeba tylko 1584 podzielić przez 2000, a iloraz 0,792 będzie szukanym.

Gdyby szło o wynalezienie gęstości cieczy, cięższej od wody; na ten czas sam areometr zanurzyłby się płycej, niż we wodzie, i na miseczce potrzebaby więcej położyć niż 1000 gran, aby znak stały przypadł na poziomie cieczy. Dajmy na to, że trzeba położyć 2000 gran; wagą przeto tej samej objętości cieczy będzie 3000 gran, a zatem $\frac{3000}{2000} = 1,5$ będzie gęstością cieczy szukanęj.

Ogólne więc prawidło szukania gęstości cieczy tym areometrem jest: *naprzód puścić sam areometr na wodę, położyć na miseczce tyle gwichtów, ile do zanurzenia po znak stały potrzeba, i zrobić sumę z wagi samego areometru i gwichtów—powtórę, puścić areometr na ciecz, której gęstość poznać chcemy, położyć podobnież na miseczce ciężarków tyle, ile do zanurzenia areometru po znak stały potrzeba, i do wagi areometru dodać wagę gwichtów—nakoniec, sumę ostatnią podzielić przez pierwszą, a iloraz będzie gęstością cieczy.*

123. Areometr *Nicholsona*, fig. 41, od poprzedzającego różni się koszyczkiem, który u spodu bańki lub waleca jest zawieszony. Ma podobnież znak stały, i oznaczoną wagę. Tak się zupełnie w dochodzeniu gęstości cieczy używa, jak *Fahrenheitów*, a oprócz tego i do poznawania ciężaru gatunkowego ciał stałych jest przeznaczony. W ostatnim przypadku znajomość jego ciężaru nie jest potrzebna, wiedzieć tylko należy, ile gran na miseczce położyć trzeba, żeby się areometr po znak stały zanurzył w wodzie. Dajmy na to, iż w tej mierze 1000 gran jest do-

stateczne. Jeżeli więc sam areometr puszcę na wodę, a potem na miseczce położę ciało, którego ciężar gatunkowy mam poznać; gdy nareszcie obok ciała położę jeszcze tyle gran, ile do zanurzenia po znak stały trzeba; na ten czas różnica 2000 gran, i gran obok ciała leżących, da poznać wagę ciała w powietrzu. Jeżeli więc obok ciała położył gran 500; wtedy 2000—500 czyli 1500 gran, będzie wagą ciała w powietrzu.

To uczyniwszy, wyjmuję narzędzie z wody, przykładam ciało z miseczki do koszyeczka, zostawiając owe 500 gran na miseczce, i powtórnie areometr puszczam na wodę. W ten czas waga narzędzia, wraz z tem wszystkiem co dźwiga, zmniejszy się, bo ciało we wodzie tyle traci ciężaru, ile waży ta sama objętość wody. Jeżeli więc na miseczce dołożę znowu gran tyle, ile trzeba do zanurzenia po znak stały; dowiem się, ile waży taka sama objętość wody, jaką ma ciało. Gdy np. 300 gran tym razem dołożyć należało; liczba ta wagę równą objętości wody oznaczać będzie. Znajdę więc ciężar gatunkowy ciała, dzieląc 1500 przez 300, czyli 15 przez 3; iloraz 5 będzie liczbą szukaną.

Prawidło więc dochodzenia ciężaru gatunkowego ciał stałych tym areometrem jest takie samo, iak wagą hydrostatyczną, to jest: *waży się ciało w powietrzu, szuka się straty we wodzie, i wagę dzieli się przez stratę*. Areometr ten iak widać, i do wynajdowania ciężaru bezwzględego ciał drobnych służyć może, z tego powodu słusznie go *Wagą wodną* nazywać można.

124. W handlu, w robotach fabrycznych, w doświadczeniach fizycznych, i chemicznych, w farmacyi, i t. d. nie zawsze nam potrzeba ciężaru gatunkowego cieczy, lecz często potrzebujemy tylko po prostu wiedzieć, czy ciecz dana jest cięższa lub lżej-

sza od wody lub od innéj cieczy, lub co się najczęściej trafia, potrzeba umieć znaleźć ciecz, taką a nie innéj gęstości. W ogóle mówiąc, rozmaite ciała, gdy są rozpuszczone we wodzie, iéj ciężar gatunkowy zmieniają: ciała stałe i ciecz cięższe, powiększają go, alkohol iako lżejszy, zmniejsza. Im przeto więcej rozpuścimy ciała iakiego we wodzie, tém roztwór będzie cięższy, lub lżejszy. Wódka, okowita, i spirytus, są to mieszaniny alkoholu z wodą, w rozmaitych stosunkach, te więc roztwory są różnej gęstości, a ich cena od ilości alkoholu zawisa: trzeba więc znać te różne stopnie gęstości, bo nie przedaemy i nie kupiemy wody, lecz tylko alkohol w niej zawarty. Kwasy ciekłe, iak np. witryol, czyli kwas siarczany, serwaser czyli kwas saletrowy, kwas solny (spiritus salis) i t. d. są to roztwory kwasów tych imion we wodzie: roztwory te są także w różnym stopniu, a cena ich podobnie od ilości kwasu czystego zależy. W fabrykach wyrobów chemicznych, w doświadczeniach fizycznych i farmacyi, potrzeba często znać stopień gęstości, czyli tęgości roztworów rozmaitych soli, lub alkaliów, iakimi są: potaż, soda, i animonia: trzeba umieć w każdym razie trafić do tego samego stopnia ich tęgości czyli mocy, i t. d. Do tego celu służą następujące Areometry.

125. Areometr P. Baumé, jest bańką lub walcem szklanym, z rurką u góry, u dołu z bańką mniejszą na merkuryusz, aby pionowo mógł pływać. Jest dwoiaki: ieden do cięższych, drugi do cieczy lżejszych.

Pierwszego podziałka tak się urządza: fig. 42, rozpuszcza się 15 wag np. łutów soli morskiej (kuchennej), w 85 łutach wody, na ten roztwór puszcza się przyszły areometr, i punkt, po który się zanurzy, oznacza się liczbą 15; potem puszcza się na wodę czystą, i punkt powierzchni téj cieczy, oznacza się zerem,

na rurce, areometr zaś tak powinien być ciężki, aby punkt ten przypadł prawie na samym wierzchołku rurki. Odległość tych dwóch punktów dzieli się na 15 części równych, i za pomocą cyrkla poprostu na dół przeciąga się podziałka. Im ciecz będzie gęstsza, tém areometr będzie niższe stopnie co do położenia, a wyższe co do liczby wskazywał. Areometr ten służy do kwasów, roztworów solnych, i alkalicznych. Kwas siarkowy stężony, wskazuje tu 66° , a takiż saletrowy 45° .

Dla cieczy lżejszych od wody, w ten sposób robi się podziałka: fig. 43, rozpuszcza się 10 wag, np. łutów soli morskiej, w 90 łutach wody, na ten roztwór puszcza się przyszły areometr, i gdzie przypada poziom cieczy, kładzie się zero. Punkt ten na samym dole rurki przypadać winien. Puszcza się go po tém na wodę czystą, w której zanurzy się głębiej, i tam gdzie przypada poziom, kładzie się liczba 10. Odległość tych punktów dzieli się na 10 równych części, i za pomocą cyrkla przedłuża się w górę stopniowanie. Areometr ten właściwie mówiąc, jest tylko przeznaczony do próbowania tężości spirytusów, okowitej, araku, rumu, eteru. Alkohol handlowy odpowiada tu 35° , a bezwodny około 44° , eter 70° .

126. Areometr Tralesa. Jedyne służy do próbowania mocy wódek, okowitej, i spirytusów, słowem do wszelkich mieszanin wody z alkoholem, dla tego też *Alkohometrem* zwany. Co do postaci, niczem się nie różni od poprzedzającego, lecz w tém od niego wyższy, że za pomocą niego od razu poznać można, ile w danej ilości mieszaniny, znajduje się czystego alkoholu: jest więc dla handlu bardzo pożądanym instrumentem. Podziałka jego tak się urządza.

Bierze się czysta woda, potem 98 mieszanin wody z alkoholem, w których znajduje się 0,01; 0,02; 0,03; 0,04;... 0,96; 0,97; 0,98; 0,99, objętości alko-

holu czystego; nakoniec bierze się alkohol bezwodny. Tym sposobem będzie 100 cieczy, z których na każdą po kolei puszcza się areometr, i punkta poziomu tych cieczy, oznaczają się na rurce. Punkt wody czystej będzie najniżej, i przy nim zero, przy stopniach następujących, wypadną liczby 1, 2, 3, 4... 96, 97, 98, 99, alkoholowi zaś czystemu odpowiadać będzie liczba 100, która najwyżej przypada. Tym sposobem, gdy puszcze areometr na mieszaninę wody z alkoholem, a zatrzyma się po 50° , mogą być pewnym, że w mieszaninie téj jest połowa alkoholu: jeżeli więc mieszanina wynosi garcy 500; w niej znajduje się 250 alkoholu bezwodnego. W areometrze tym stopnie co do wielkości są rozmaite, co dowodzi, że gęstość pomienionych mieszanin nie proporcjonalnie wzrasta z ilością przybywającego alkoholu.

127. Areometr Richtera jest także Alkohometrem, który od Tralesowego tém się tylko różni, że podziałka jego nie z objętości, lecz z wagi alkoholu i wody jest wyznaczona, to jest, brano wodę, alkohol czysty, i 98 mieszanin z tych cieczy, w których było 0,01; 0,02; 0,03;... wag alkoholu... Alkohometr ten tylko we względzie naukowym, i w Farmacyi używany, lecz dla handlu jest nieużyteczny, bo wódka, okowita i spirytus, na objętość nie na wagę są sprzedawane i kupowane.

128. Areometr Magiera pospolicie *Próbką do wódek* zwany, fig. 44, jest także alkohometrem, zastosowanym do naszego wódkami handlu: ma wszystkich stopni 12: zero oznacza wodę studzienną, a stopień 12ty odpowiada $88\frac{1}{2}^{\circ}$ na areometrze Tralesa: ten i 11ty stopień oznaczają spirytusy, a stopień 10ty, który odpowiada 78° Tralesa, okowitą znaczy. Reszta stopni od 9° do 1go włącznie, są mieszaninami okowitej 10tej próby (niealkoholu) z wodą studzienną, tak iż stopnie 9, 8, 7,... oznaczają 0,9; 0,8;

0,7;... *obiętości okowitej*, w całej mieszaninie. Między 7 a 6m stopniem znajdują się różnej mocy wódki do picia. Stopień 5=37° Tralesa (1).

Prócz wymienionych areometrów, znajduje się jeszcze mnóstwo tego rodzaju instrumentów, przeznaczonych szczegółowo do rozmaitych mieszanin i rozтворów, lecz zasada ich budowy jest też sama, co poprzedzających.

W używaniu areometrów wiele oszczędności zachować, i niektóre poprawki czynić należy, gdy ostateczną ścisłość, w wypadkach otrzymać chcemy. Z tych najważniejszym jest wzgląd na temperaturę, albowiem, iakieżmy to już wspomnieli wyżej, gęstość cieczy zmienia się z temperaturą. Dla tego alkoohometry miewają przy sobie termometr, a prócz tego do nich zwykle dołączona bywa tablica, okazująca, o ile liczbę stopni, na areometrze obserwowaną, powiększyć lub zmniejszyć z tego powodu wypada. Lecz najpewniejszy sposób osiągnięcia należytej ścisłości jest: wziąć stosowną ilość okowitej i t. d. ogrzać ją lub oziębić do tego stopnia temperatury, w którym podziałka areometru jest robiona, i dopiero wtedy doświadczać. Podziałka areometryczna pospolicie robi się w temperaturze 15° Celsjusza czyli 12° Réaumura, to jest, w średniej temperaturze atmosfery.

ROZDZIAŁ VII.

O Drganiu Ciała

(AKUSTYKA.)

Różnica Akustyki od Muzyki. Ponieważ z wykładu rzeczy pod tym tytułem, mogłoby się komu zdawać, że *Akustyka* i *Muzyka* jest wszystko jedno; uprzedzamy więc, że przedmiotem Akustyki

(1) Patrz o *Próbach* przez Magiera r. 1822.

jest śledzenie praw powstawania, i rozchodzenia się głosu, Muzyka zaś naucza, iak głos urabiać, i rozmawiać z sobą łączyć, aby dla ucha był przyjemny.

129. W próżni głos powstać nie może. Pod dzwon pneumatyki wstawia się dzwoneczek, przy którym znajduje się mechanizm, na kształt zegarowego, do dzwonienia służący. Gdy wyciągamy powietrze, w miarę rozrzedzania, głos słabnie, a na ostatek zupełnie znika, chociaż widzimy białe młoteczek. Prosty dzwonek może tu być użyty, trzeba go tylko na rozkręconym sznurze lnianym zawiesić w bani szklanej, zaopatrzonej rurką z kurkiem, dla wkrębowania w pneumatykę, fig. 15. Wyciągnąwszy powietrze; bierze się za rurkę, i dzwoni zwyczajnym sposobem.

Doświadczenia te uczą zarazem, że powietrze gęstsze, mocniej głos donosi niż rzadsze. Stąd wypada, że w różnych porach dnia i roku, ten sam głos z rozmaitym mocą bywa słyszany, że jest słabszy na górach niż w dolinie, że się z szerokością geograficzną wzmacnia, i że granie atmosfery przestąpić nie może, że za tem choćby ziemia pękła; niktby tego na niebie usłyszeć nie mógł, i że żaden głos za granicami atmosfery sprawiony, do ziemi dojszć nie może. Podróżnicy opowiadają, że wystrzał pistoletu na wysokich górach, słaby tylko sprawia loskot, a w kraich przybiegunowych, o kilka mil morskich rozmawiać się można.

Gdyby pod dzwon pneumatyki wstawiono ciecz iaką, pomimo wyciągania powietrza, bicie zwonka byłoby słyszane, co dowodzi, że pary, tak iak powietrze, głos przesyłać mogą. Ciecze mogą także udzielać głosu, we wodzie bowiem można słyszeć ludzi rozmawiających na statku, a nawet daleko mocniej, niż na brzegu, z iaką zaś mocą ciała stałe głos udzielony sobie oddają, przekonywa to doświadczenie, że

szmerając chorągiewką od pióra, po iednym końcu bełki drewnianej, na kilkadziesiąt łokci długiej, a do drugiego przyłożywszy ucho; szmeranie to usłyszeć można, lubo jest tak słabe, że go nawet sam szmerający nie słyszy. Dla tego to przyłożywszy ucho do ziemi; tentent koni i t. p. głos zdaleka, pod czas nocy usłyszeć można, choć go nie słyszymy w powietrzu.

130. Prędkość głosu w powietrzu. Wszelki głos, gruby czy cienki, w powietrzu z iednakową rozchodzi się prędkością — prędkość ta jest iednostajną; i nie zależy bynajmniej od gęstości tego gazu, tylko się z temperaturą zmniejsza. O tém przekonano się następującym sposobem. Odmierzono linią prostą pewnej długości, podzielono ją na części równe, w punktach podziału, i na iednym końcu téj linii, postawiono obserwatorów, a na drugim strzelano z armaty, i uważano czas upłyniony pomiędzy błyskiem zapału, a między usłyszczanym głosem. Z wielokrotnych tego rodzaju doświadczeń okazało się: — *na przód*, że obserwatorowie w odległościach 1, 2, 3,... razy dalszych, usłyszeli głos 1, 2, 3,... razy później, co dowodzi iednostajnego rozchodzenia się głosu — *po wtóre*, że iakakolwiek jest wysokość barometryczna; prędkość ta nie zmienia się, byle tylko temperatura była-taż sama, i powietrze spokojne, wiatr bowiem opóźnia lub przyspiesza bieg głosu, o całą swoją prędkość — *po trzecie*, że w temperaturze 16 stopni, głos ubiega na sekundę 340 metrów, czyli 197 sążni naszych: w temperaturze 10°, tylko 337 met: a na zero, 331 met.

O iednakowej prędkości wszystkich głosów, przekonanywa następująca uwaga, że czy jesteśmy bliżej czy dalej orkiestry, zawsze kompozycją, iak należy słyszymy, gdyby tym czasem prędkość ta była różna; głosy rozmaitych instrumentów, rozmaitej grubości, tudzież rozmaitej mocy, nie mogłyby do nas dochodzić tym

porządkiem, i po takich przerwach, iak są wydane, i w odległości, koncert byłby zupełnie zmieszany.

131. Prędkość głosu w innych ciałach. Chcąc wyrachować prędkość rozchodzenia się głosu w rozmaitych ciałach, dosyć jest poznać iej stosunek do prędkości w powietrzu: i tak, chcąc *np.* dojść prędkości głosu w surowcu; potrzeba tylko upatrzeć znaczną tego kruszeu długość, *np.* w wodociągach lub sztachetach: niech w iednym końcu iedna osoba uderzy młotkiem, a do drugiego druga niech przyłoży ucho, na ten czas każde uderzenie dwa razy słyszane będzie, raz przez surowiec, drugi raz przez powietrze, i okaże się, że pierwsze 10 razy prędzej niż drugie dochodzić będzie. Tym sposobem wypada, że we wodzie prędkość ta jest 4, w miedzi 12, w żelazie 17, a w różnych gatunkach drzew od 11 do 17 razy większa, niż w powietrzu. Znając ten stosunek, dosyć jest tylko przez niego prędkość w powietrzu rozmnożyć, a będziemy mieli prędkość głosu w każdym inném ciele. A za tém w surowcu, prędkość ta 3400 metrów czyli 1970 sążni naszych w sekundzie wynosi.

132. Co jest drganie. Przytwierdziwszy blaszkę lub pręt stalowy *ab*, fig. 46, za pomocą śruby do stołu *cd*, i zgiąwszy część *cb* w łuk *ef*, a po tém puściwszy raptem; na ten czas pręt z powodu sprężystości, będzie usiłował powrócić do właściwej sobie postaci: lecz wyprostowawszy się na linii *ab*, w tym kształcie pozostać nie może, albowiem z powodu bezwładności, gdy już raz do ruchu pobudzony został; na zawsze biedz winien: przejdzie więc na drugą stronę linii prostej, lecz się tylko wygnie w łuk *eh*, równy prawie *ef*, bo siła sprężystości, znowu go na nowo do linii *ab* przywoływać będzie, zamieni się więc powtórnie w łuk *ef*, po tém w *eh*,.... Kolysania te zupełnie w ten sam sposób odbywać się będą, iak

w wahadłach, i dla tych samych przyczyn z czasem ustana: co tam ciężkość, tu sprawnie sprężystość, która jest także siłą nieustającą: więc bieg pręta od a do b jest przyspieszony, od b do f opóźniony, i na odwrot, w punkcie b zatem prędkość największa, stąd po obu stronach maleje. W podobny sposób kołyszą się struny, wszystkie zaś w ogólności ciała kołyszą się tém prędzej; im są sprężystsze, a kołysanie to nazywa się *drżaniem*.

133. Głos jest skutkiem drżania. O tém można się przekonać na wszystkich ciałach, głos wydających, i tak: gołym okiem widzimy drżanie strun, i czuć go możemy, stosownie zbliżając rękę. Widzimy także drżanie pręta, gdy tak jak fig. 46 wskazuje, przytwierdzony, i do głosu pobudzony będzie. Przy samym dzwonie zawiesiwszy kulkę na nitce, po uderzeniu go młotkiem, kulka dopóty odskakiwać będzie, dopóki tylko głos nie ustanie. W instrumentach dętych, ciałem drżącym jest powietrze, iak się to w dalszym ciągu wyjaśni.

134. Głos, Loskot, Skrzyp, Brzęk,... Aby głos dla ucha był miły, czyli *muzykalny*; drżania powinny być bardzo małe, czyli równocześnie, inaczej głos nieprzyjemny powstaje, który rozmaitemi oznaczamy nazwiskami: loskot, skrzyp, brzęk,... Gdy bowiem poszarpnijemy mocno strunę; z początku słychać warczenie, potem dopiero głos przyjemny. Cóż to znaczy? oto: że w pierwszej chwili są drżania rozległe, a za tém nierównocześnie, potem dopiero maleją i równocześnie się stają, l. 67.

135. Każde drżnienie ciała sprawnie falę w powietrzu. Zdarzenie to z całej może Fizyki do opisanja i zrozumienia najtrudniejsze, nie tylko jest zasadniczym w Akustyce, ale nadto, stanowi, że tak powiem, grunt nowej tearyi Światła, Ciepłoty, i Elektryczności: starajmy się więc o iak naj-

jaśniejsze iego pojęcie, fig. 47. RR rura, na 20000 stóp długa, w obu końcach otwarta, a denko, na środku téj długości, mogące ślizgać się w kierunku głosek $a, b, c, \dots$ i na odwrot. Ruchy tego denka niech nam wyobrażają wahanie czyli drżanie. Gdyby rura ta była wypełniona ciałem stałym, iak *np.* mydłem lub woskiem, na ten czas popchnąwszy denko w stronę prawą; w téj samej chwili, w której denko popychamy, mydło z rury wysunęłoby się o tyle, o ile popchnęlibyśmy denko. I tak *np.* iezelibyśmy denko popchnęli od a do b , a odległość ta wynosiła *np.* stopę; na ten czas wałca mydłanego z rury wysunęłaby się stopa. Gdyby rura ta była krótka; na ten czas, choćby się w niej znajdowało powietrze, gaz w tymże samym czasie wymykałby się z rury, w którym popchnęlibyśmy denko: lecz my przypuszczamy rurę, na 20000 stóp długą, której zatem połowa 10000 stóp wynosi.

Dajmy więc na to, że denko rusza z punktu a do b , że odległość tę, wynoszącą stopę, przebiega w iednej sekundzie, i że się w b zatrzyma raptem. Ponieważ powietrze jest bardzo ściśliwe; ściśnię się więc, i choć iuż denko w biegu swym ustanie, ieszcze wałec powietrza końcem rury wychodzić nie będzie. Nadto, ponieważ na udzielenie się ruchu, pewnego czasu potrzeba; ściśnienie więc powietrza, nie daleko przez ten czas postąpi, przez który denko idzie od a do punktu b . Przypuśćmy więc, że zgęszczenie to skuteczni się tylko w części rury bc . W drugiej połowie rury, w tym samym czasie, z powodu poruszenia się denka, przeciwny skutek, to iest, rozrzedzenie powietrza nastąpi, w téj bowiem chwili, gdy się denko od a do b posuwało; powietrze zewnętrzne w rurę wpaść nie mogło, bo ruch całej téj połowie tak prędko udzielić się nie mógł, tylko więc w części $bc=bc$ rozrzedzenie nastąpi.

Część powietrza zgęszczona przez czas pochodu denka od a do b , nazywa się *falą głosową*, tamta zgęszczoną, ta rozrzedzoną. W ogóle więc *falą głosową* nazywa się ta część powietrza, która od iednego drgnienia ciała, odmiany w swęj gęstości doznawa: im przeto czas, na iedno drgnienie łożony, iest krótszy, czyli im ciało drga prędzej; tém fala głosowa iest krótsza, bo siła ma czas krótszy do rozlewania się w powietrzu.

136. Gęstość fali. Postęp naszego denka od a do b , wyobraża nam tu iedno drgnienie iakiegokolwiek ciała brzmiącego, a ponieważ drganie iest biegiem wahadlowym; ponieważ bieg ten składa się z przyspieszonego i opóźnionego, a w szczególności ponieważ prędkość iego zaczyna się od zera, po tém co raz bardziej wzrasta, w środku iest największa, maleie znowu, i na koniec znika; w ten więc sposób przebieg denka od a do b uważać należy, to iest, że prędkość iego od zera do zera, przez kolejny wzrost i ubywanie symetryczne przechodzi. Cóż stąd wynika? oto:

Podzieliwszy sobie bc na warsty bardzo cienie, do płaszczyzny denka równolegle; pierwsza taka warstewka, opierająca się na denku, nie przejdzie raptem ze spoczynku do gwałtownego ruchu, lecz na przód będzie od denka uciskana zwolna, po tém dopiero co raz mocniej, w środku biegu najmocniej, po czém nowu co raz słabiej, aż na końcu wszelkie parcie ustanie. Ponieważ zaś siła denka koleją przelewa ię z iednej warsty powietrza do drugiej; każda przeo warstewka, takiej odmianie w czasie swego potępowania na przód, ulegać musi.

Dla skrócenia rzeczy, przypuśćmy, że wałec powietrza zgęszczonego czyli fala bc , składa się tylko z 5 warstewek, i że sekunda, na przebieg denka od a do potrzebna, na pięć dzieli się części. W pierwszej

takowej iednostce czasu, pierwsza warstewka powietrza, opierająca się na denku, odbierze raz najslabszy—w drugiej raz ten odda warstewce następującej, a sama odbierze uderzenie mocniejsze—w trzeciej chwili, iako środkowej, warstewka ta będzie po trzeci raz najmocniej pchnięta, drugie zaś uderzenie swoje odda warście drugiej, ta znowu pierwsze trzeciej, czyli środkowej—w czwartej chwili, raz pierwszy z warsty trzeciej przejdzie do czwartej, drugi z drugiej do trzeciej, trzeci z pierwszej do drugiej, a pierwsza będzie po czwarty raz tak mocno, iak była drugi raz, uderzona—w piątej czyli ostatniej chwili biegu denka od a do b , uderzenie pierwsze przejdzie do warsty piątej, falę kończącęj, drugie do czwartej, trzecie do trzeciej, czwarte do drugiej, a warsta pierwsza po ostatni raz tak mocno iak pierwszy raz uderzona będzie. Z tego powodu prędkość warst końcowych fali, musi być najmniejsza, stąd w strony przeciwne sobie, co raz bardziej wzrasta ku środkowi, gdzie iest największa.

Z różnej prędkości rozmaitych warst fali, rozmaita podobnie musi wynikać gęstość, ta albowiem wzrasta w stosunku ciśnienia, l. 104, w środku za tém fali musi być największa, stąd po obu stronach symetrycznie się zmniejsza, tak iż po końcach iest najmniejsza: powiedzieć nawet można, że po końcach fali, warstewki powietrza nieskończenie cienie, ani żadnego ruchu, ani żadnej odmiany w swęj nie doznają gęstości.

To co powiedziano o fali zgęszczonej, słowo wsłowo stosuje się do fali rozrzedzonej, z tą różnicą, że zamiast postępu na przód, ruch wsteczny uważać należy, a w miejscu zgęszczenia, rozrzedzenie brać potrzeba.

137. Rozchodzenie się fali. Gdy denko odbędzie drogę od a do b , czyli gdy podług założenia

naszego, upłynie sekunda czasu; ten stan powietrza w rurze, któryśmy opisali, pozostać nie może, to jest, wałec powietrza bc , powstały z wałca ac , w zgęszczeniu swém trwać na zawsze nie może, albowiem ruch denka, udzielony powietrzu od ręki lewój ku prawej, dopóty z warsty w warstę, w kierunku $abcde....$ przelewać się musi, dopóki wałec powietrza, o tyle nie wysunie się z rury, o ile skrócony został, czyli dopóki się nie wysunie o długość ab . Ponieważ siła poruszająca denkiem, na raz ieden się wywarła; ruch więc ten będzie iednostajnym, tak iż w drugiej sekundzie czasu zgęszczenie przeniesie się na $cd=bc$, w trzeciej na $de=bc....$

138. Fale zgęszczone są poprzegradzane rozrzedzonemi. Przypuściwszy znowu, że denko wraca od b do a , na ten czas z połówką prawą to samo co w przód z lewą, a z tą znowu teraz to samo zupełnie dziać się będzie, co w przód z prawą; to jest, wałec ac ulegnie zgęszczeniu, ac rozrzedzeniu, i rozrzedzenie to kolejno na cd , $de....$ przechodzić będzie, podobnie iak zgęszczenie po lewój ręce, ciągle od prawej płynąć musi. Tym sposobem gdy ruchy denka w tyl i na przód co sekunda odbywać się będą; na ten czas w końcu sekundy drugiej, to jest, gdy denko wróci do punktu a ; fala bc będzie rozrzedzona, cd zgęszczona, de rozrzedzona; za trzecim więc, czwartym.... dziesiątym.... drgnięciem denka, w każdej połowie rury, będzie trzy, cztery.... dziesięć.... fal, połowa zgęszczonych, połowa rozrzedzonych, zgęszczone rozrzedzonemi poprzegradzane, a w równych odległościach po obu stronach denka, będą fale różnoimienne, to jest *np.* z lewój 1sza 3cia 5ta 7ma zgęszczone, gdy te same z prawej rozrzedzone będą.

Obraz takowego falowania przedstawia fig. 48, gdzie linie ss w środku długości fal zgęszczonych,

największe zgęszczenie, linie zaś ss w środku długości fal rozrzedzonych, największe rozrzedzenie wskazują: linie pierwsze oznaczają jeszcze największą prędkość, z którą warsty powietrza z miejsca swego są rugowane, drugie prędkość największą, z którą na właściwe sobie miejsce powrócić usilują. Linie oo stoją na granicy fal.

139. Falowanie w atmosferze. Pojawszy falowanie powietrza w miejscu ograniczoném, łatwo jest wystawić go sobie w atmosferze. I tak, przypuścimy, że tylko drga punkt ieden: rzecz sama z siebie iasna, l. 78, że fale mają kształt kuli, których wspólnym środkiem jest punkt drżący. Lecz gdy drga bryła, iak się to powszechnie dzieie, każdy iej punkt za osobny środek drgania uważać trzeba. Jeżeli wszystkie iej punkta w iednym czasie i kierunku odbywają drganie; na ten czas ich fale, w miarę rozdymania się swego, pod co raz mniejszym z sobą przecinaia się kątem, tak iż w pewnej odległości, wszystkie zlewają się w iedną, i bryła za punkt drżący uważana byż może. Lecz gdy drgania punktów są różnoczesne i różnokierunkowe; rozchodzenie się fal tak foremne byż nie może: w ten czas niektóre tylko fale zbiegać się i wzajemnie sobie pomagać będą, inne przeciwnie, niszczą się zupełnie lub w części, podług tego w iakim kierunku spotykają się z sobą. Z takowego działania fal na siebie, to jeszcze zdarzenie wynika, że iedną i ta sama fala, w miarę oddalania się od źródła swego, w różnych punktach raz natężać, drugi raz osłabiać się może. Przykład takiego falowania mamy na wodzie, gdy w różnych punktach iej powierzchnią wzruszamy.

140. Sposób liczenia drgań. Rozmaitemi sposobami drgania ciał brzmiących liczyć można: do tego nawet służy osobny instrument *Syrena* zwany dla tego, że we wodzie głos wydawać może. Budowa

iego polega na zasadzie następującej. Wystawmy sobie dwa kółka metalowe, z których każde w równej odległości od środka, jest przedziurawione, połączmy jedno na drugim tak, by otwory przypadły na siebie. Niech dolne spoczywa, górne obracajmy koło osi, przez iego środek idącej. Im go prędzej obracać będziemy; tém częściej spotka się otwór z otworem, a znając liczbę obrotów, wiedzieć tém samym będziemy, ile razy w danym czasie to spotkanie nastąpi. Każde takowe spotkanie, przecinając raptem powietrze, sprawia w niem jedną drganie: gdyby za tém wiadano, że kółko obróci się 100 razy w jednej sekundzie; wiadzanoby tém samym, że 100 drgnień było w powietrzu wzbudzonych. Gdyby górny krążek miał 10, 100, otworów; za jednym obrotem w sekundzie, sprawiłby 10, 100, drgań w powietrzu, a jeżeliby w tym samym czasie odbył 10 obrotów; wydałby 100, 1000, drgań. Im się zaś prędzej obracać będzie; tém powstanie ton wyższy. Gdyby dolne kółko, zamiast jednego, miało 10, 100, otworów; przez to tylkoby się głos wzmocnił, lecz ton wcaleby się nie zmienił.

Fig. 49, *abba* pudelko miedziane, z pokrywką doskonale płaską—*bb* rura prowadząca wiatr do pudelka, którą przysrubowywa się syrena do aparatu miechowego — *oo* otwory w wieczku pomienionego pudelka, zastępującego tu krążek dolny — na niem kółko górne, ruchome koło osi pionowej, leżące na wieczku pudelka, z powierzchnią bardzo gładką, by zmniejszyć ile możności tarcie — *m, n*, otwory w tém kółku, takie same co do wielkości, liczby i odległości, jak w wieczku, a to dla tego, by się razem otwierały i zamykały, w czasie obrotu krążka górnego—*ii* śruba bez końca, na osi obrotu—*c* kółko zębate, które obraca śruba—*c* drugie takie kółko, które także pomieniona śruba obraca, lecz w ten sposób, że go

tylko o jeden ząb przesuwają w czasie, w którym tamto. cały obrot kończy—osi kółek zębatach są zaopatrzone skazówkami, i cyferblatami, z podziałką na stopnie, fig. 50. Każdy ruch skazówki *c*, znaczy jeden obrot kółka, na którym jest osadzona, a ruch skazówki *c*, oznacza cały obrot poprzedzającej skazówki. Bieg *rachmistrza* można sprawić lub zatrzymać, naciskając guzik *f*, lub guzik *g*. Dziurki wieczka i kółka dla tego są skośne, fig. 51, aby wiatr w kółku mógł sprawić bieg wirowy.

Cheąc poznać liczbę drgań jakiego głosu; wydaie się go na jakimkolwiek instrumencie, a zasadziwszy syrenę w rurze, od miecha idącej; dmie się na przód zwolna, potem co raz prędzej, dopóki syrena głosu tak cieniutkiego nie wyda, jak instrument: w ten czas puszcza się w bieg *rachmistrza*, i uważa czas na dobrym zegarku. Z liczby drgań w pewnym czasie obytój, dojdź można liczby drgań, na sekundę przypadających.

141. Sposób mierzenia fal. Obrachowywa się na przód liczba drgań tonu, a po tém dochodzi się prędkości iego w danym środku: i tak, gdy w powietrzu prędkość głosu 340 metrów wynosi, a ton pewny 340 drgań na sekundę wydaie; oczywiście jest rzeczą, że fala tonu tego na metr jest długa, bo każde drganie sprawia jedną falę, a 340 fal w jednej sekundzie wzbudzonych, zajmuje w samej rzeczy długość 340 metrów. W ogóle, *długość fali równa się ilorazowi z prędkości głosu, przez liczbę drgań.*

142. Głos tylko od pewnej liczby drgań, czyli od pewnej długości fal słyszeć się daie. Cheąc słyszeć głos, nie dosyć na tém, by drgania ciała trwały pewien przeciąg czasu, i aby równocześnie były, potrzeba jeszcze, ażeby się z pewną odbywały prędkością, czyli, aby wydawały fale pewnej

długości. Za pomocą syreny przekonać się można, że ciało wydające w iednej sekundzie drgań mniej niż 32, a więcej nad 16384, czyli co na iedno wychodzi, wzbudzaające falę dłuższą od 32 stóp paryskich, a krótszą od 9 linii, nie może być słyszane. Nie mówimy tu, że *nie wydaie głosu*, bo są zapewne zwierzęta, które po za temi granicami ieszcze słyszeć mogą, podobnie iak wzrokiem i węchem swym sięgają tam, gdzie człowiek temi zmysłami już dosiędz nie może. Ta to donośność zmysłów, instynkt ich zapewne stanowi.

143. Skąd pochodzą tony. Głosy, które ucho co do grubości dokładnie od siebie rozróżnia, nazywają się *tonami*. Za pomocą syreny także przekonać się można, że im ciało drga prędzej, czyli im wzbudza falę krótszą, tém wydaie ton wyższy, a im drga wolniej, czyli im daie falę dłuższą; tém ton iest niższy. *Tony przeto od liczby drgań czyli od długości fal zależą*. Tym to sposobem okazało się, że głos męski najgrubszy ze 100, najcieńszy z 678 — kobiecy najgrubszy z 572, najcieńszy z 1606 drgań na sekundę, powstaie.

144. Od czego zależy moc czyli natężenie głosu. Moc głosu zależy znowu od długości drogi, którą ciało w czasie iednego drgnienia odbywa, czyli od rozległości drgania, tak iż im ciało w tym samym czasie większe robi wahania; tém głos iest mocniejszy. Im zaś wachnienia są rozleglejsze; tém zgęszczenie i rozrzedzenie fal iest większe, im albowiem, fig. 47, droga denka od *a* do *b* będzie dłuższa; tém dłuższy walec powietrza *ac*, będzie zawarty w tym samym walcu *bc*. Powiedzieć za tém można, że *moc głosu zawista od rozległości drgnień, czyli od stopnia zgęszczenia lub rozrzedzenia fal powietrznych*. Prawdziwość tego twierdzenia nalepij na strunach okazać można: im strunę

mocniej napinamy palcem, czyli im ią dalej od linii prostej odwodzimy; tém głos mocniejszy wydaie. Widzieć nawet można, że struna tém się mocniej to na lewo to na prawo wypina; im ią mocniej palcem szarpiemy, czyli im ią do rozleglejszego drgania zmuszamy.

145. Drganie strun. Wiemy już, że tony zawisły od liczby drgań, uważmy teraz, od czego zależy liczba drgań w strunach.

1.) *Liczba drgań zmniejsza się w stosunku powiększając się długości struny*, to iest: struny téj samej natury, grubości, i napięcia, których długości są iak: 1, 2, 3, 4.... w tym samym czasie wydaia drgań liczby, iak 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$... a długości iak 1, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$... wydaia drgań, iak 1, $\frac{3}{2}$, $\frac{4}{3}$...

2.) *Liczba drgań zmniejsza się także w stosunku grubości struny*, to iest, struny téj samej natury, napięcia, i długości, grube iak 1, 2, 3.... w tym samym czasie wydaia drgań, iak 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$...

2.) *Liczba drgan rośnie w stosunku pierwiastku kwadratowego z siły napinającój*, to iest: struny téj samej natury, długości, i grubości, naciągnięte siłą iak 1, 4, 9, 16,.... w tym samym czasie wydaia liczby drgań, iak 1, 2, 3, 4....

4.) *Liczba drgań iest w stosunku odwrotnym pierwiastku kwadratowego z gęstości*, to iest: struny téj samej długości, grubości, i tą samą siłą napięte, lecz których ciężar gatunkowy czyli gęstość iest, iak 9, 4, 1; w tym czasie wydaia liczbę drgań iak 1, 2, 3. I tak, struna miedziana, której gęstość iest prawie 9 razy większa od baraniiej, nie nawiniętej drutem, pod wyliczonemi warunkami, trzy razy mniej drgań wydaie.

Sprawdzenie. Prawa te iedynie rachunkiem wyprowadzone być mogą, lecz ie doświadczeniem za pomocą syreny łatwo sprawdzić można. Do tego slu-

ży tak nazwany *Monokord* lub *Sonometr*. Jest to pudło drewniane długie, na którym iedna lub więcej strun, naciągnięta być może: lecz i bez tego obejść się można, przytwierdzając stale struny iednym końcem na stole, drugi obciążając gwiechtami, i w obudając trojgranne prożki, dla dokładnego odmierzenia téj części struny, która do drgania ma być pobudzona. Stół może być podzielony w kierunku długości, aby na nim długość struny drgającej, wprost czytać można, a do skracania długości struny, czyli do dzielenia iej na części, służyć może prożek trzeci, który podstawkiem nazywać będziemy.

Gdy chcemy sprawdzić prawo długości, np. gdy chcemy wyprowadzić wszystkie tony, *c, d, e, f, g, a, h*, czyli *ut, re, mi, fa, sol, la, si*, *abecadła muzycznego* czyli *gamy*; wprawiamy na przód całą strunę bez podstawka w drganie, główny ten ton nazywamy *ut*, a potem znowu stawiamy podstawek kolejno, w takich odległościach od początku struny, dopóki nie otrzymamy pożądaných tonów, pobudzając iedną część struny do drgania. Gdybyśmy wzięli strunę na 540 linii długą; na ten czas długości strun wydających gamę, szłyby iak następuje:

Tony gamy *ut re mi fa sol la si ut*
Długość strun 540 480 432 405 360 324 288 270

Wyraziwszy całą długość struny czyli 540 linii przez 1; inne liczby będą następującemi ułomkami:

$$1 \frac{2}{3} \frac{4}{5} \frac{3}{4} \frac{2}{5} \frac{3}{5} \frac{2}{3} \frac{1}{2} (A).$$

Gdybyśmy teraz za pomocą syreny szukali liczby drgań, tym długościom odpowiadających i jeżeliby struna tak była naciągnięta, iżby wydając *ut*, całą 96 razy w sekundzie zadrżała; inne długości wydałyby drgań, iak następuje:

Tony gamy *ut re mi fa sol la si ut*
Liczba drgań 96 108 120 128 144 160 180 192

Oznaczywszy 96 przez 1, inne liczby wyrażą się ułomkami niewłaściwemi

$$1 \frac{2}{3} \frac{4}{5} \frac{3}{4} \frac{2}{5} \frac{3}{5} \frac{2}{3} \frac{1}{2}.$$

Szereg ten widocznie jest szeregowi (A) odwrotny, a więc liczba drgań w strunach, idzie w stosunku odwrotnym długości.

Tony w gamie jeszcze się oznaczają po łacinie liczbami: *prima, secunda, tertia, quarta, quinta, sexta, septima, octava* (domyślając się, *vox*). *Octava* przeto powstała z 2, *septima* z $\frac{1}{2}$ czyli $1\frac{1}{2}$, *sexta* z $\frac{2}{3}$ czyli $1\frac{1}{3}$,.... razy większej liczby drgań, niż ton główny, czyli ponieważ mianownik ułomku, wyobraża zawsze całość; więc inaczej powiedzieć można, że *octava, septima, sexta, quinta*.... powstała z liczby drgań, iak 2, 15, 5, 3,.... gdy ton główny z liczby drgań 1, 8, 3, 2,.... pochodzi. Brać przeto *octavę, septimę, sextę*.... podanego tonu, znaczy się, wydawać głos z 2, $\frac{2}{3}$, $\frac{1}{2}$ razy większej liczby drgań, od tego tonu. Zamiast do góry, można względem tonu głównego postępować na dół, i otrzymać całą jego gamę *dolną*.

146. Drganie powietrza w piszczałkach. Głos piszczałek pochodzi, od drgania powietrza, w nich zawartego, albowiem z każdego materiału piszczałka, byle tylko téj samej długości, ten sam ton wydać. Chcąc w powietrzu obudzić drganie; potrzeba go z pewną prędkością przeprowadzać, albo przez ciasną szparę, pomiędzy sprężystemi blaszkami, iak w waltorni i trąbie, albo strumień jego roztrącać o krawędź, iak w fletrowersie i organowych piszczałkach. Piszczałki pospolicie znajdujące się w organach, mają postać figury 52: *ss noga* piszczałki, i *okienko*, *ab gęba*, *a wargę górną*, *b wargę dolną*, *p właściwa piszczałka*. Kanalem *li* nogi wchodzi powietrze, uderza o ostrze wargi górnej, dzieli się na dwie części, iedna ulatuje w atmosferę, druga wpada wewnątrz piszczałki, i tym samym sposobem,

iak denko na fig. 47, pobudza do drgania powietrze; które się we właściwej piszczalce znajduje.

147. Liczba drgań w piszczalkach zależy od trzech okoliczności: od długości piszczalki, i jej otwarcia lub zamknięcia, i mocy zadęcia. Grubość nie ma żadnego wpływu, chyba taki tylko, że gdy nie jest od długości przynajmniej 10 razy mniejsza; piszczalka żadnego tonu wydać nie może. Długość takiej tu zupełnie ma znaczenie, iak w strunach, to jest, liczba drgań idzie z nią w stosunku odwrotnym, tak iż chcąc wydać całą gamę, trzeba wziąć 8 piszczalek, którychby długość była, iak 1, $\frac{8}{9}$, $\frac{4}{3}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{3}{5}$ i $\frac{1}{2}$. Piszczalka zamknięta tej samej długości, co otwarta, wydaie ton dwa razy niższy, czyli octawę dolną piszczalki otwartej, a piszczalka w części tylko przytkana, wydaie ton pośredni. Dmąc znowu co raz bardziej w tę samą piszczalkę otwartą, kolejno powstają tony co raz wyższe, z liczby drgań 2, 3, 4, ... razy większej, niż ton najniższy. Piszczalka zamknięta, z powiększającą się mocą dęcia, wydaie tony z liczby drgań 3, 5, 7, 9, ... razy większej, od tonu głównego.

148. Bęben organowy. Gdy dwie piszczalki wydają razem tony, mało co różniące się od siebie; co chwila bardzo mała, głos natęża się, i znowu słabnie: zdarzenie to *bębnieniem* (battement) nazywają. Dajmy na to, że słyszymy współcześnie dwa tony, ieden z 240, drugi z 250 drgań w pewnym czasie powstały: oczywiście jest rzeczą, że co 240 drgań iednego, a 250 drugiego, fale głosowe razem idź, i razem ucho nasze uderzać będą, a peryodyczne to uderzanie, sprawi w nas uczucie do bębniienia podobne.

149. Instrumenta muzyczne są dwoiakie: strunowe, smyczkowe, czyli *rznięte*, i piszczalkowe, czyli *dęte*. W pierwszych wysokość tonu od długości, grubości, natury, i siły napięcia struny za-

wisła: w iednych przecież długość strun, a za tém i ich tony są niezmiennie, iak np. w fortepiianie, w drugich zaś, iak w gitarze i skrzypcach, długość ta przez przyciskanie palcem w rozmaitych miejscach, skraca się, stąd wynika, że każda struna rozmaite tony wydawać może. W organach i t. p. instrumentach dętych, każdy ton ma swoją piszczalkę: w puzonie i t. p. przez skracanie i przedłużanie rury, wynikają rozmaite tony: w klarynecie, fletrowersie, i t. d. rura przedłuża się i skraca, przez zatykanie i odtyskanie dziurek: w trąbie siła dęcia co raz większa, co raz cieńszy głos wydaie, w waltorni zaś przytykanie większe lub mniejsze końca rury ręką, odmianę w tonach sprawiaie.

150. Głos słabnie w stosunku kwadratów z odległości, to jest, 2, 3, 4. razy dalej, jest 4, 9, 16 razy słabszy. Ponieważ fala głosowa, w miarę czasu, oddala się od punktu drgającego, i co raz bardziej w kształcie kuli nabrzmiewa; taż sama więc siła drgania, co raz większej massie powietrza udzielać się musi. Ponieważ zaś powierzchnie kul, są do siebie w stosunku kwadratów z promieni; przypuszczając za tém wszędzie tę samą gęstość, liczby cząstek na powierzchni fal, od punktu drgania odległych, iak 1, 2, 3, 4, ... będą iak 1, 4, 9, 16, ... Gdy więc w odległości 2, 3, 4, ... razy większej, iedna i taż sama siła rozdziela się pomiędzy, 4, 9, 16, ... razy większą liczbę cząstek; ruch więc w powietrzu, to jest, zgęszczanie i rozrzedzanie się w falach iego, tyleż razy w pomienionych odległościach musi być słabsze, i. 36. Im przeto głos słabszy; tém bliżej źródła swego niktąć musi, wiatr iednak o wiele tę drogę przedłuża lub skraca, i dla tego to nie raz huk dział o kilkanaście mil słyszymy.

Prawo to ieszcze wskazuje, że w rurach wszędzie iednej średnicy, głos osłabiać się nie powinien,

co też doświadczenie stwierdza. Na tej zasadzie polega użycie *Trąby morskiej*, *Rogu akustycznego*, i rozmaitych rur do rozmowy odległej służących. Tym także sposobem kuglarze urządzają głowy, kule, gadające. Chcąc np. urządzać rozmawiające głowy; stawiają się na postumentach dwa popiersia wydęte z tektury, w pewnej odległości od siebie, ucho iednego łączy się z ustami drugiego, za pomocą rur ukrytych w postumentach, i pod podłogą. Gdy więc iedna osoba daie zapytania do ucha iednemu popiersiu, druga tymże samym sposobem przez drugie odpowiadać może, i wydawać się będzie, iak gdyby głowy martwe mówiły. Okoliczność ta nakoniec tłumaczy, czemu głos w mieszkaniu, w lesie, przy ścianie i t. d. jest mocniejszy, niż na otwartém miejscu— w polu znowu mocniejszy gdy pochmurno, niż gdy pogoda—czemu mieszkańcy miast wielkich nie mówią z takim hałasem, iak wieśniacy.

151. Promień głosowy. Wystawmy sobie w myśli punkt drgający, iego fale, i linie proste, na wszystkie strony z tego punktu rozchodzące się, tak iak promienie ze środka kuli. Na każdym takowym promieniu, będzie się znajdował szereg cząstek powietrza, miejscami zgęszczonych, miejscami rozrzedzonych, stosownie do tego, iak linia ta fale zgęszczone lub rozrzedzone przeszywa. Promień ten zowie się *głosowym*, dla różnicy od *promienia światła*, o którym w *Optyce* będzie mowa. Zaledwo tu potrzebuemy wspomnieć, że promienie te są prostopadłe do małych cząstek powierzchni fali, które przeszywają.

152. Odbijanie się fal głosowych. Gdy fale głosowe z iednego płynu do drugiego przechodzą; na powierzchni zetknięcia tylko się w części odbijają, lecz gdy w swój drodze nie przebyta zawadę napotykają; odbijają się zupełnie tak, iak fale wody od brzegu. Odbicie to następuje w ten sposób, iż *kąt*

odbicia promieni głosowych, równa się *kątowi padania*, i że promień odbity, z padającym leży na iednej płaszczyźnie, przechodzącej przez prostopadłą, z punktu padania wyprowadzoną, np. fig. 53, gdy linia *ab* jest płaszczyzną padania, lub bardzo małą cząstką iakiejkolwiek powierzchni krzywój, c punktem drgania, *ci* promieniem padającym, i z prostopadłą z punktu padania i wyprowadzoną; na płaszczyźnie *ci z* poprowadziwszy ukośną *ie*, pod kątem *bie=aic*; linia ta kierunek promienia odbitego oznaczać będzie. Kąt *cia*, czyli co na iedno wychodzi *ci z*, zowie się *kątem padania*, *eib* lub *ei z* *kątem odbicia*.

Na dowód twierdzenia tego przytoczyć można sklepienia eliptyczne. Własnością ellipsy jest, iż promienie wodzące, z obudwu iej ognisk do iednego punktu obwodu wyprowadzone, czynią kąty równe ze styczną w tym punkcie, fig. 54. Niech będzie *abc* pół ellipsy, *f, g*, ogniska: z ognisk tych poprowadziwszy promienie wodzące *fb, gb*, do iednego punktu obwodu *b*, w którym *de* jest styczną; kąt *fbd* będzie równy *gbe*. To co się mówi o stycznój, stosuje się i do cząstki obwodu ellipsy tak małej, że ją za linią prostą uważać można. Równość za tém kątów, uważana tu ieszcze bydz może, pomiędzy promieniami wodzącymi, a cząstką obwodu, którą promienie te z ogniskami łączą. Ponieważ pod sklepieniami eliptycznemi, głos w iednym ognisku wydany, najmocniej jest słyszany w drugim; tu więc promienie głosowe schodzić się muszą, co inaczej, iak widzimy, następować nie może, tylko że kąt odbicia promieni głosowych, równa się kątowi padania.

Parabola podobnież służyć może za dowód, której znowu własnością jest, że, fig. 55, którykolwiek punkt *i* obwodu, połączywszy z ogniskiem *f*, i w punkcie tym poprowadziwszy styczną *mn*, tudzież *ik* równoległą do osi *ab*; kąt *fim* będzie równy *kin*. Pa-

nieważ zaś głos wydany w ognisku paraboloidy, z odległością na swą moc nie traci; więc promienie odbite, muszą tu być od siebie równoodległe, a takimi staćby się nie mogły; gdyby się nie odbijały pod tym samym kątem, od tego rodzaju powierzchni, pod jakim na nią padały.

153. Ech o. Z tego co powiedziano wypada, że im kąt podania mniejszy; tem też kąt odbicia mniejszy być winien, tak dalece, że gdy promień głosowy pada prostopadle, to jest, po linii *zi*; w tym samym kierunku, to jest, po *iz* odbija się, i do swojego źródła powraca. Zdarzenie to zowie się *echem*. Podług odległości, w jakiej się płaszczyzna odbijająca znajduje, echo może większą lub mniejszą liczbę wyrazów powtarzać, a liczba ta wyrachowaną być może. I tak: ponieważ w dwóch sekundach, można wymówić 8 zgłosek, a w tymże czasie głos przebiega dwa razy 340 metrów; więc gdy powierzchnia odbijająca znajduje się tylko w odległości 340 metrów; pierwszą zgłoskę w ten czas dopiero przyśle do ucha, gdy już wymówimy ostatnią: wszystkie więc słyszeć będziemy.

Gdy w pewnej odległości znajdują się dwie powierzchnie; głos odbity od jednej, odbić się może od drugiej, a po odbiciu na tę, jeszcze się drugi raz na pierwszej odbić może, i t. d: w ten czas jedna i taż sama zgłoska, wielokrotnie słyszana być może. Ten przypadek jest w *Verdun* we Francyi, pomiędzy dwoma wieżami, na kilkadziesiąt łokci odległemi, gdzie się jedna zgłoska do 12 razy powtarza. W zamku *Simonetta* we Włoszech, powtórzeń tych między dwoma murami do 40 naliczyć można. Czasem echo da się słyszeć ze szczególnym łoskotem, śmiechem....

Okoliczność ta jeszcze dotąd wytłumaczoną nie jest. Z nauki o echu wypada, że w budowaniu sal, między innemi uważać jeszcze potrzeba i na tę okolicz-

ność, czy mają być przeznaczone dla mówców, czy dla muzyki. W pierwszym razie trzeba starannie unikać echa, gdyż to utrudza mówcę, i głos jego nie zrozumiałym czyni: w drugim ściany powinny być iak najsprężystsze, ażeby się łatwo do drgania pobudzać dawały. W tym celu najlepiej jest, dać im boazerye. Najniestowniejszą dla mowy jest sala z eliptycznym sklepieniem, gdy się bowiem mownica w iednym ognisku ellipsy znajduje, mówca tylko w drugim jest dobitnie słyszany, z resztą bardzo cicho. Paraboliczna w tym celu jest najlepsza.

CZEŚĆ DRUGA.

FIJNA WŁAŚCIWA

C Z Y L I

SZCZEGÓŁNA

O ISTOTACH NIEWAŻKICH W OGÓLNOŚCI.

154. Mówiliśmy dotąd o rzeczach, które zmysłami naszymi pojmujemy, teraz przystępujemy do nauki o wielkich działaczach przyrodzenia: Świetle, Ciepiku, i Elektryczności, których natura jest nam wcale nie znana, których ani widzieć, ani dotknąć, ani uiać nie możemy, i dla tego się też *nieuiętkami* nazywają. Zapatrując się atoli na dawniej znane tych działaczów skutki, od czasów Newtona do dni naszych zdawało się, że to są bardzo subtelne ciała, nie porównanie delikatniejsze od najrzadszego gazu, iakim jest wodorodny, nie ciężkie, lub tak lekkie, że wszelkimi dotąd znanymi sposobami, ich waga wysledzoną bydz nie mogła, i dla tego ie znowu *plynami nieważkimi* nazwano. Utrzymywano tedy, że ciała *świejące* świecące, *grzejące* ciepły, a *elektryczne* elektryczny płyn z siebie wydają, a ponieważ w płynach tych żadnej nie dostrzegano spojności, co większa, w ciepiku i elektryczności siłę rozpychającą, taką iak w gazach widziano; z tego powodu jeszcze *rozprężliwych* dano im nazwisko. Ponieważ prawie wszystkie własności

światła i ciepikowi są wspólne; mniemano więc, że płyn światły jest tylko odmianą płynu ciepłego, że światło nie czém inném jest, tylko ciepikiem do tego stopnia zgęszczonym, że się już staie widzialnym, czyli że już na zmysł widzenia działać może. Na wytłumaczenie skutków elektrycznych, przypuszczano nawet dwa płyny: *elektryczny* i *magnetyczny*, chociaż pomiędzy niemi, tak iak między ciepikiem i światłem, wielkie upatrywano podobieństwo. Od roku 1818 dopiero, czyli od czasu powstania tak nazwanej nauki *Elektromagnetycznej*, co raz bardziej przekonywać się zaczęto, że magnetyzm i elektryczność od iednej przyczyny pochodzą.

Mniemanie to, w którym się wszystkie wymienione działacze naturalne, za ciała czyli za materią pożytną, znane jest w Fizyce pod imieniem *systemu wypływu* (systema emanationis v. emissionis). Twórcą iego był Newton (r. 1641), i dla tego jeszcze system ten niekiedy tego Filozofa i Prawodawcy Fizyki, nosi nazwisko.

Na pół wieku jeszcze prawie przed Newtonem, Descartes (um. 1651 r.) innego o działaczach przyrodzonych, a mianowicie o świetle, był zdania. Utrzymywał on, że światło nie jest ciałem, lecz że cała przestrzeń nieba, a nawet wewnątrz wszystkich ciał, jest napełnione płynem nieważkim, tak subtelnym, iakim później samo światło bydz mniemano, i płyn ten nazwał *eterem*. Utrzymywał dalej, że cząstki ciał świecących drżą tak, iak ciała brzmiących, i że drżeniem swém wprawiają w drżenie eter, tak iak ciała brzmiące, powietrze: drgania te od eteru tak się udzielaia oczom, iak drgania powietrza uszom naszym, i stąd ma pochodzić widzenie, czyli czucie ciał w odległości. Czém więc powietrze względem ciał głośnych i ucha; tém w hipotezie téj jest eter, względem ciał świecących i oka: iak powietrze jest pośrednikiem,

udzielającym drżenia ciał brząających nerwom słuchowym; tak eter jest środkiem, przesyłającym drżenia ciał świecących, nerwom widzenia czyli optycznym.

Takie uważanie działaczy przyrodzenia, nosi nazwisko *systemu drgania* (*systema vibrationis* v. *undulationis*), albo *systemu Descarta*.

Mniemanie Descarta, jeszcze za czasów Newtona popierał *Hughens Hollender* (um. 1695.), lecz powaga Newtona przemogła. Później wskrzesił go *Euler Szwajcar*, (um. 1783.), lecz bezskutecznie. Zadni naszych dopiero, gdy postrzeżono, że promienie światła, pod bardzo małymi kątami przecinające się, w pewnych okolicznościach ciemność wydadź mogą; gdy co raz bardziej zaczęły się mnożyć zjawiska, których w mniemaniu Newtona pojąć trudno, a które w hipotezie Descarta tłumaczyć się łatwo; *T. Yung*, *Arago* i *Fresnel* system drgania na nowo niepamięci wydarli, i do tego upowszechnili stopnia, że już prawie wszyscy Fizycy stali się jego zwolennikami, i okazuje się dziś, że jeżeli hipoteza ta nie jest prawdziwa, to przynajmniej jest pewna, że co się tyczy światła, zdanie Newtona jest mylne. Teraźniejszym dążeniem Fizyków jest, ażeby w systemacie drgania nie tylko fenomena światła, lecz ciepłota i elektryczności wytłumaczyć, z tém wszystkiém dopiero go rozwinięli w nauce o świetle. Bez względu jednak na te hipotezy, przebiegać będziemy naukę światła, zdarzenia zaś ciepłoty i elektryczności w ten sposób tłumaczyć będziemy, iakoby Ciepłota i Elektryczność były ciałami nieważkami.

O Ś W I E T L E

(OPTYKA).

Całą naukę Optyki zamknijmy w siedmiu następujących Rozdziałach:— I. O rozchodzeniu się światła. — II. O odbicianiu się światła. — III. O załamaniu. — IV. O rozszczepianiu się na kolory. — V. O innych fenomenach światła. — VI. O instrumentach optycznych. — VII. O meteorach świecących.

ROZDZIAŁ I.

O ROZCHODZENIU SIĘ ŚWIATŁA.

155. Światło jest przyczyną widzenia. Tylko we dnie widzimy, a w nocy jedynie przy świetle księżyca, gwiazd, świecy i t. p. ciał świecących: światło więc jest przyczyną czyli środkiem widzenia: wchodząc do naszego oka, sprawia ten skutek, iż bez zmysłu dotykania, o bytności ciał przekonywać się możemy. Widzenie zatem jest czucie ciał w odległości.

156. Światło z punktu świecącego rozchodzi się po liniach prostych na wszystkie strony. Pomyślmy sobie punkt fizyczny świecący, którym niech będzie np. iskra, wielkości główki od szpilki. Światło z téj iskry rochoodzi się na wszystkie strony, albowiem skądkolwiek na punkt ten patrzeć będziemy; zewsząd go zobaczymy. Rozchodzi się po liniach prostych, bo gdy między tym punktem a okiem naszym znajduje się iaka zasłona nieprzeźroczysta; widzieć go nie możemy.

157. Punkt przeto świecący, uważany być może, za środek matematyczny kuli

światła, i w jakimkolwiek kierunku, przez ten punkt poprowadzimy linią prostą; zawsze na linii tej światło znajdować się będzie. Linia taka nazywa się *promieniem światła*. Promienie więc światła, z punktu świecącego rozchodzą się tak zupełnie, jak promienie matematyczne ze środka kuli: muszą więc zawsze ze sobą tworzyć kąty, których wspólnym wierzchołkiem jest punkt świecący.

158. Promienie światła z punktu świecącego idące, w pewnych przypadkach za równoległe brać można. Z tego co poprzedziło, wypada, że promienie światła w naturze, zawsze się rozchodzą, a nigdy się z sobą nie schodzą, że tylko w pewnych przypadkach za równoległe poczytywać je można, a mianowicie, gdy między odległością promieni od siebie, a odległością punktu świecącego, bardzo wielki zachodzi stosunek. I tak, gdy z punktu świecącego, położonego np. o 500 linii, uważać będziemy ostrokrag promieni, którego podstawą tylko linią w średnicy wynosi; ostrokrag ten za walec poczytany być może. Ten sam byłby przypadek, gdyby średnicą tej podstawy był łokieć, sążeń, mila, ... a liczba 500 oznaczała łokiecie, sążnie, mile, ... Z tego powodu bryłę światła, z któregośkolwiek punktu słońca padającą na powierzchnię ziemi, za walec uważać można, gdyż średnica podstawy rzeczonego ostrokragu, przeszło 12000 razy jest mniejsza od wysokości jego, średnica bowiem ziemi mało co więcej od 1700 mil ieograficznych wynosi, gdy tym czasem słońce na 21 milionów mil od ziemi jest oddalone.

Obserwacje astronomiczne uczą, że promienie od którejkolwiek gwiazdy *stałej*, do końców średnicy drogi ziemskiej idące, są zupełnie równoległe od siebie, tym czasem średnica ellipsy, po której ziemia koło słońca krąży, przeszło 40 milionów mil ieogr. wynosi.

Jaka więc odległość gwiazd od ziemi być musi! iaka przestrzeń!

159. Bryły świecące za zbiór punktów świecących uważać trzeba. Każda bryła składa się z cząstek, każde więc ciało świecące za zbiór punktów świecących uważać trzeba, a każdy punkt jego, za środek kuli świetłej poczytywać należy. Fig. 56, niech będzie kula świecąca, której środkiem s: z kuli tej nie w ten sposób rozchodzi się światło, jak i jej matematyczne promienie, liniami przerywanymi wskazane, lecz każdy punkt *a*, rozsyla promienie światła na wszystkie strony, tak iakby był osobno. Gdyby bowiem światło z kuli rozchodziło się tylko w kierunku promieni ieometrycznych; na ten czas iakikolwiek punkt *a*, byłby tylko w ten czas widziany, gdy się oko na promieniu *sg* kuli znajduje, tym czasem widzimy go zewsząd, skoro tylko linią prostą, od źrenicy oka poprowadzona do niego, nie trafia na ciało nieprzezroczyste. Trzymając zatem oko na liniach *ab*, *ac*, *ad*, ... punkt *a* jest widzialny.

Stąd wypada, iż to wszystko, co się o równoległości promieni, z jednego punktu świecącego wychodzących, powiedziało, stosuje się i do każdego w szczególności punktu bryły świecącej, lecz bardzoby się pomylił ten, kto by całą bryłę światła, wychodzącą z kilku punktów ciała odległego, za walec chciał poczytywać. Jakoż, fig. 57, wpuszciliśmy światło słoneczne do izby ciemnej, otworem kołowym okiennicy, i na kierunku tego światła wzniciwszy dym lub kurzawę; nie zobaczymy walca lecz ostrokrag światła, o czém dostatecznie przekonywa kółko świetne na przeciwległej ścianie, jego bowiem średnica jest większa od średnicy otworu. Ostrokrag ten jest utworzony z walców światła, z każdego w szczególności punktu słońca wychodzących, które, iak figura wska-



znie, krzyżują się w otworze okiennicy. Na figurze tej trzy tylko odrysowano walec: *ab* idący od punktu środkowego tarczy słońca, *cd* od punktu najwyższego, *ef* od najniższego; reszta walców, pośrednie między temi zajmuje miejsce. Uwagi tej nie wypuszczajmy z pamięci, zrozumienie albowiem bardzo wielu fenomenów optycznych, zależy iedynie od dobrze pojętych praw rozchodzenia się światła.

160. Ciała oświecone tak iak świecące uważać potrzeba. Ponieważ światło jest środkiem widzenia, a ciała ciemne nie wyrzucają z siebie światła; ciała więc te iedynie, za pośrednictwem światła ciał świecących widzieć musimy, bo je tylko widzimy w ten czas, gdy się przy nich ciało, świecące znajduje. Widzenie tych ciał nie inaczej za tém dziać się musi, tylko, że światło ciał świecących, pada na ciała ciemne, a od tych odbiwszy się, wchodzi dopiero do naszego oka. Ponieważ znowu każdy punkt ciała oświeconego, ze wszech stron w ogóle mówiąc, może być widziany; światło więc od ciał ciemnych, tak się zupełnie na wszystkie strony odbijać musi, iak się z ciał świecących rozchodzi. Każdy więc punkt ciała oświeconego, uważać należy za środek kuli światła odbitego.

161. Ciała ciemne, przezroczyste i nieprzezroczyste. Ciemném, nazywa się ciało, nie posiadające własnego światła, a *przezroczystem* to, które przez siebie przepuszcza światło, *nieprzezroczystem* zaś takie, przez które światło na drugą stronę nie przechodzi, lecz w niem całkowicie tonie. Że ciała przezroczyste przepuszczają przez siebie światło, dosyć jest zważać, iż światło jest przyczyną widzenia, gdyby więc przez ciało przezroczyste nie przechodziło; widziećbyśmy przez niego nie mogli.

162. Cień. Ponieważ światło rozchodzi się po liniach prostych, a nie przechodzi przez ciała nie-

przezroczyste; zawsze więc w tyle ciał tych musi być przestrzeń ciemna, czyli ogołocona ze światła. Gdyby ciała świecące były punktami; przestrzeń ciemna od światłej odrzynałaby się raptownie, tak iż granicą światła i ciemności, byłaby tylko powierzchnia ieometryczna, której kształt stosownie do postaci ciała, byłby rozmaity. W takim razie, dla oddzielenia przestrzeni ciemnej od światłej, dosyć byłoby punkt świecący, połączyć z obwodem ciała liniami prostymi, a linie te przedłużone, odgraniczyłyby światłość od ciemności. I tak, na fig. 58, gdzie punkt *i* jest świecącym, *ab* ciało nieprzezroczyste; przestrzeń między liniami *ac* i *bd*, z lewej strony przypierająca do ciała, a z prawej ciągnąca się bez końca, jest zupełnie ciemna. Przestrzeń ta nazywa się *cieniem*, i uważajmy dobrze, że do niej żaden promień światła z punktu świecącego nie dochodzi.

163. Przycień. Lecz ciała świecące są bryłami, a każdy punkt bryły świecącej rzuca światło na wszystkie strony, więc każdy w szczególności tworzyć musi osobno cień taki, iak punkt *i*. Z rozmaitego przecięcia się z sobą tych cieniów, na granicy cienia i światłości, powstaje przycień czyli światłość pośrednia, tak iż z cienia nie przechodzi się nagle do światła, lecz stopniowo. I tak, fig. 59, niech będzie linia światła *ab*, ciemna *fg*. Przypuśćmy, że cała linia *ab* składa się tylko z pięciu punktów *a*, *b*, *c*, *d*, *e*. Każdy z tych punktów, tak iak punkt *i*, rzuca cień osobno. I tak, punkt *a* daie cień *AfgA*—punkt *b*, *BfgB*—*c*, *CfgC*—*d*, *DfgD*—od *e* na koniee pochodzi cień *EfgE*. Na płaszczyźnie *Efd* jest tylko cień pojedynczy, od punktu *e* rzucony, lecz na *DfC* jest podwójny, od *e*, *d*—na *CfB* jest potrójny, od *e*, *d*, *c*,—na *BfA* poczwórny, od *e*, *d*, *c*, *b*—w przestrzeni zaś *AfgE* cień jest od wszystkich punktów, linią światłą składających, czyli od całej linii rzucony.

Stąd na drugą stronę ku gA wychodząc, zstępuje się znowu po stopniach cienia: z najwyższego na 4ty, z czwartego na 3ci, z trzeciego na 2gi, z drugiego na 1szy, biorąc za pierwszy ten cień, któremu punkt a daie początek. Tym więc sposobem przestrzeń $AfgE$ iest doskonałą ciemnością, czyli cieniem, bo tam ani *ieden* punkt linii błyszczącej nie dosyła światła—przestrzeń zaś zewnątrz granic Ef , Ag , iest doskonałą światłością, bo tam *każdy* punkt swe promienie rzuca—miejsca zaś AfE , EgA , są tylko *od pewnej* liczby punktów linii błyszczącej oświecone, i zowią się *przy-*
cieniem.

Z figury téj okazuje się, że chcąc znaleźć granice cienia i przycienia, dosyć iest, przez ostateczne punkta a , e , ciała świecącego, i ostateczne punkta f , g , ciała oświeconego, poprowadzić linie aA , eA , tudzież eE , eE , a przestrzeń $AfgE$ zawarta między iednemi liniami różnoimiennemi, będzie cieniem, a pomiędzy drugimi różnoimiennemi, przycieniem.

Dotąd wyłożone wiadomości tłumaczą, dla czego wszystkie przedmioty i ruchy zewnętrzne, w ciemnej izbie malują się odwrotnie, gdy do niej światło *szezupłym* otworem okiennicy dochodzi. Itak, niech fig. 60 oznacza przecięcie poziome, o otworek ciasny okiennicy, AB ścianę przeciwległą, abc kierunek biegu iakiego zwierza na ulicy. Gdy zwierz znajduje się w a , cień iego na ścianie przeciwnéj będzie w A : gdy postąpi do b ; iego cień odmaluje się w B : na koniec gdy stanie w c ; cień ukaże się w C . Gdy więc zwierz odbył drogę od a do c ; cień iego w kierunku przeciwnym przeszedł od A do C . Gdyby figura ta wyobrażała przecięcie izby pionowe; a strzałka oznaczała *np.* budynek, i t. p. na ten czas cień iego byłby odmalowany przewrotnie. Tym to sposobem w ciemnej izbie widzimy nie raz całą okolicę, na przeciw szeszupłego otworu okiennicy leżącą, tym także sposobem pod czas

noey pogodnéj, na ścianie otworowi przeciwnéj, widzimy część nieba w odwrotnym porządku, gwiazdami zasianą.

163. Światło słabnie w stosunku kwadratów z odległości, to iest: w odległości 2, 3, 4,... razy większej, iest słabsze 4, 9, 16,... razy. Prawo to tym samym zupełnie dowodzi się sposobem, iak prawo słabienia głosu z odległością, 1. 150. Uważaia się kule spółśrodkowe, których promienie 1, 2, 3, 4,... a punkt świecący w środku: ponieważ powierzchnie ich są do siebie w stosunku kwadratów z promieni, a każdą ta sama ilość światła oświeca; ta więc 4, 9, 16,... razy słabiej musi być oświecona, której powierzchnia 2, 3, 4,... razy większa.

164. Światło słabnie także w stosunku wstawy kąta pochyłości płaszczyzny, gdy na nią ukośnie pada. Fig. 61, niech będzie graniastosłup światła $abcd$, płaszczyzna oświecona es , prostopadła do osi tego graniastosłupa. Z punktu s zatoczmy ówierć kola emf , i narysujmy drugą płaszczyznę sm : obiedwie te powierzchnie będą sobie równe, lecz pierwszą oświeca graniastosłup $abcd$, którego przecięciem se , drugą tylko graniastosłup $opcd$, którego przecięciem mn . Ile razy za tém mn iest mniejsze od se ; tyle razy na powierzchni sm światło słabsze, niż na se , a że se , mn , są wstawami kątów esd , msd , mierzących nachylenie powierzchni se , sm , względem promieni światła; więc światło słabnie w stosunku wstawy kąta, który czyni powierzchnia oświecona, z kierunkiem promieni światła. Im więc promienie słońca ukośniej padaia; tém słabiej oświecaia i grzeia, dlatego im większa szerokość i geograficzna, tém zimniej, bo promienie słoneczne pochyléj padaia. Dlatego także w lecie u nas cieplej niż w zimie, którymto odmianom kraie pasu gorącego nie podlegaią prawie.

165. Sposób porównywania mocy światła. Stosunek natężenia dwóch światel, następującym sposobem najłatwiej znaleźć można. Przed białą ścianą lub teksturą stawia się jakieś ciało nieprzezroczyste, a przed tē m znowu światła, których moc z sobą porównać chcemy, w ten sposób, by ciało nieprzezroczyste, od obu dwu cieni na ścianę rzucało, i żeby cień od jednego rzucony, był przez drugie światło oświecony. Jeżeli obu światel natężenie jest jednakie; na ten czas w równej odległości od ściany, czyli od ciała, rzucony cień równej będzie mocy, lecz gdy ich światłość jest różna; cienie także różnej czarności być muszą. W ostatnim razie dopóty światło, dające cień mocniejszy, odsuwa się od ciała; dopóki oba cienie pod względem swęj mocy nie zrównają się z sobą: w ten czas, podług l. 163, moc światel będzie w stosunku odwrotnym kwadratów z odległości, to jest, światło 2, 3, 4,.... razy bardziej od cienia oddalone, jest 4, 9, 16,.... razy mocniejsze.

166. Światło ubiega 21 milionów mil i geograficznych w 8 minutach i 13 sekundach, czyli, ażeby od słońca do nas przyszło, potrzebuje 8' 13". Ta prędkość światła, której pojęcie imaginacyą przechodzi, tylko z obserwacyj astronomicznych wyrachowana być może, światło albowiem na przebieżenie wszelkiej drogi ziemskiej, żadnego zdaie się nie potrzebować czasu. Ażeby sobie ten pośpiech biegu światła iakożkolwiek wyobrazić; dodajemy tu, że ze wszystkich biegów, iaki tylko siła ludzka sprawić może, najchyższym jest bieg kuli armatniej, prędkość iego albowiem 1500 stóp na sekundę wynosi; porównyując go atoli z biegiem światła, wypada, że kula armatna potrzebowałaby przeszło lat dziesięciu, ażeby doszła do słońca. Bieg głosu w porównaniu z biegiem światła jest tak leniwy, że prędkość ostatniego względem pierwszego, za nic się poczytuje, i

iakośmy to już w Akustyce widzieli, światło służy do oceniania prędkości głosu, i obrachowywania odległości miejsca wystrzału i t.p. Lecz iakożkolwiek prędkość światła we wszystkich wymiarach ziemskich, nie jest do ocenienia, znika jednak, że tak powiem, w niezgruntowanym przestworze nieba. I tak, przypuściwszy, że słońce w tēj chwili dopiero zaczyna świecić, ażeby oświeciło planety, potrzebuje następującego czasu:

Merkurego na	8 milion. mil iogr. odległego	3' 10"
Wenerę	— 15 — — — —	5' 56"
Marsa	— 32 — — — —	12' 31"
Jowisza	— 180 — — — —	42' 45"
Saturna	— 199 — — — —	— 1 godz. 18' 23"
Ura na	— 398 — — — —	— 4 — 9' 48"

Niewiadomo, w iakięj odległości znajdują się gwiazdy, które tak są słońcami, iak nasze, lecz to jest pewna, że od nas 200000 razy leżą dalej, niż słońce, od najbliższej za tē m światło, do nas później dopiero przyjdź może, iak w 200000 razy po 8' 13", czyli iak w 3 lata i dni 45. Zważając przeto na nieskończoność przestrzeni nieba, nie przesadzimy bynajmniej, gdy powiemy, że są takie gwiazdy, od których w 10 100, i więcej milionów lat dopiero światło do nas przychodzi. Gdyby więc w iednej chwili słońce i gwiazdy przestały świecić; widok słońca dopierobyśmy stracili po 8' i 13", w czasie nierównie późniejszym zniknęłyby planety, a przez wiele lat jeszcze widzielibyśmy na niebie gwiazdy, tak iak ie dziś widzimy. Gdyby znowu po zupełnej na niebie ciemności, bryły te błyszczeć zaczęły; setne, tysiączne, i t. d. pokolenia rodu ludzkiego, dopieroby ujrzwały na niebie ten sam porządek, iaki dziś postrzegać się daie.

Z uwag poprzedzających wypada, iż żadnego ciała niebieskiego nie widzimy w swém miejscu, lecz go widzimy tam, gdzie przed kilku minutami, latami,

wiekami, lub milionami lat bawilo. I tak np. ponieważ biegiem pozornym słońce w $8' 13''$ ubiega 840000 mil ieogr.; o taką więc ilość mil widzimy go w tyle tego miejsca, w którym rzeczywiście bawi. Osobliwość ta w Astronomii zowie się *Aberracją* czyli *Obłaskaniem światła*.

ROZDZIAŁ II.

O ODBIŁNIU SIĘ ŚWIATŁA.

(KATOPTRYKA).

167. Zasada Katoptryki, czyli prawo odbijania się światła. *Kąt odbicia promieni światła, równa się kątowi padania, i obadwa te kąty leżą na iednej płaszczyźnie.* Prawa tego, które iest zasadą całej Katoptryki, w Optyce dowodzi się, iak następuje: fig. 62, niech będzie koło pionowe, drewniane, z podziałką na stopnie, z średnicą poziomą i pionową: *ab* zwierciadelko małe płaskie, poziomo leżące, tak aby się na iego płaszczyźnie oś koła znajdowała: *sc*, *sd*, rurki metalowe w kierunku promieni koła, równolegle od iego płaszczyzny, koło środka *s*, końcami swemi *c*, *d*, po okręgu wodzić się dające. Podziałka koła tak iest urządzona, że zero znajduje się na końcu górnym średnicy pionowej, a na lewo i prawo rozchodzą się liczby 1, 2, 3, 4,.... tak iż na końcach średnicy poziomej, leżą stopnie 90. Postawiwszy koło to w ten sposób, żeby np. rurka *c* była obrócona do okna, patrzmy w rurkę *d*, i wodźmy nią, od zera do 90°, a znajdziemy iedno takie położenie, w którym rurka *d*, w kierunku iej osi zobaczymy koniec *c* drugiej rurki pod zwierciadłem w *c*. Zdarzenie to wtedy nastąpi, gdy rurka *sd* z pionową *so* czynić będzie kąt taki, iaki z nią tworzy rurka *sc*, czyli co na iedno wychodzi, gdy kąt *dse*, utworzony z promienia *sd* i poziomej, będzie równy kątowi *csf*,

ntworzonemu z téjże poziomej i promienia *cs*. Jeżeli np. *c* znajduje się od zera na 50°; na ten czas i *d* o tyleż stopni z drugiej strony pionowej, położone bydz musi. Gdy $cso = 10^\circ = 20^\circ = 30^\circ = \dots$; i $dso = 10^\circ = 20^\circ = 30^\circ = \dots$

Doświadczenie to stwierdza *na przód*: że gdy promienie światła w swój drodze napotykaia iakie ciało; odbiiaia się od iego powierzchni: skoro bowiem patrząc np. w kierunku *ds*, czyli *dc*, widzimy rurkę *c*; widzenie to inaczej nastąpić nie może, tylko że promienie przechodzące otworem *c*, w kierunku *cs* na zwierciadło padaia w *s*, tam odbiiaia się, i kierunkiem *sd* wpadaia do naszego oka. *Po wtóre*: ponieważ rurka *c* w ten czas tylko widziana bydz może, gdy oba promienie z pionową i poziomą czynia kąt równy; stąd wypada, że promienie światła odbiiaia się od powierzchni ciał pod takim kątem, pod iakim na nie padaia: sam zaś skład aparatu wskazuje, że promień padaiący z odbitym, tworzy płaszczyznę prostopadłą do płaszczyzny zwierciadła.

Kąt *cso* czyli *csf* i tu, podobnie iak w Akustyce nazywa się *kątem padania*, kąt zaś *dso* albo *dse*, *kątem odbicia*. My tu pierwszego sposobu mianowania, iako ogólniejszego, trzymać się będziemy, to iest uważaiąc kąty, między promieniami światła, a prostopadłą. Według tego więc, cośmy dopiero powiedzieli, kąt odbicia równa się kątowi padania, i obadwa te kąty leżą na iednej płaszczyźnie, prostopadłej do płaszczyzny padania, w punkcie padania. Gdy za tém promień światła pada prostopadle, czyli pod kątem prostym na iaką płaszczyznę; prostopadle także, czyli pod kątem prostym odbić się musi, gdyż inaczej kąt odbicia nie mógłby bydz równym kątowi padania. Promienie równoległe na płaszczyznę padaiące, i po odbiciu równoległemi bydz nie przestana, a promienie rozchodzące się, rozchodzącemi będą, tak

ię ostrokrag lub ostrosłup światła padającego, po odbiciu ostrosłupem byż nie przestaie.

168. Ostrokrag światła odbitego, ma swój wierzchołek ieometryczny za płaszczyzną odbiiającą w takiej odległości, w iakięj się wierzchołek ostrokregu padającego od téjże płaszczyzny znajduje. Fig. 63, l punkt świecący, zw powierzchnia odbiiająca, zlw ostrokrag światła padającego, lwi kąt padania promienia lw , cwn kąt odbicia tegoż promienia, li promień prostopadły, ai jego przedłużenie. Przedłużmy promień cw , aż do przecięcia się z przedłużeniem promienia prostopadłego, w punkcie a , tym sposobem powstaną trójkąty iwa , iwl , mogące przystać do siebie, bo kąt $iwl = iwa$, gdyż każdy z nich równy kątowi cwn , pierwszy iako kąt padania, drugi, iako wierzchołkiem przeciwny: przy i kąty są proste, bok iw spólny. W szczególności więc $ia = il$. Narysowawszy kąt odbicia $mzb = lzi$ kątowi padania, i przedłużywszy bz , przedłużenie to trafiłoby podobnież na punkt a . Tym sposobem okazaćby można, że każdy promień odbity, dostatecznie przedłużony, napotka punkt a . Więc ostrokrag światła odbitego, ma swój wierzchołek ieometryczny, z drugiej strony płaszczyzny odbiiającej, tak daleko, iak się punkt świecący, od téjże płaszczyzny znajduje.

Na téj zasadzie bardzo łatwo iest naznaczyć drogę promieniom odbitego światła. Dosyć iest z punktu świecącego l poprowadzić prostopadłą li , tę przedłużyć do a , żeby ai było równe li , i z punktu a prowadzić linię w stronę płaszczyzny odbiiającej, a te oznaczają kierunek promieni odbitych. Gdyby się, fig. 64, punkt świecący zewnątrz płaszczyzny zw znajdował; potrzeba przedłużyć tę płaszczyznę, i na ięj przedłużenie mz spuścić prostopadłą li , tak żeby ai

było równe li ; zlw będzie bryłą padającego światła, $bzwc$ bryłą odbitą.

169. Nie trzeba sądzić, ażeby się wszystko światło na powierzchnię ciała padające, odbiiało od iego powierzchni, i owszem część tylko się odbiia, a część w ciało wpada, i na drugą stronę przechodzi, gdy ciało przezroczyste, nigdy bowiem ciało oświecone, nie błyszczy tak mocno, iak świecące. Ilość światła odbitego zależy od kierunku promieni padających, i gładkości powierzchni ciała. Im promienie prostopadłej padają, i im powierzchnia gładsza; tém światło obficie się odbiia, i odwrotnie, l. 33. Dlatego zwierciadła najmocniej odbiiają, i przedstawiają szczególne zdarzenia, o których zaraz mówić będziemy.

ODBICIE NA JEDNEM ZWIERCIADLE PŁASKIEM.

170. Punkt świecący lub oświecony, widziany iest za zwierciadłem w takiej odległości, w iakięj się przed zwierciadłem znajduje. Wypada to z zapatrzenia się na f. 63, albowiem, na którym promieniu odbitym trzymać będziemy oko, na bz , dr , hu , czy cw ; każdym z nich zobaczymy punkt l za zwierciadłem, a więc na ich wspólném przecięciu, czyli w a , wiemy zaś, że $ai = il$. Stąd wypada, że gdy się punkt od zwierciadła oddala, lub gdy się do niego zbliża; na ten czas i miejsce, w którym go za zwierciadłem widzimy, oddalać lub zbliżać się musi, a gdy odległość iego niezmienna; gdziekolwiek znajduje się oko, zawsze w iednym i tém samém miejscu za zwierciadłem iest widziany, lecz co raz za pośrednictwem innego promienia. W tym razie mając dane położenie oka, bardzo łatwo znaleźć można promień, za pośrednictwem którego punkt świecący iest za zwierciadłem widziany. I tak, niech będzie, fig. 65, zwierciadło zw , punkt świecący l , oko o : z punktu l pro-

wadzę prostopadłą li , przedłużam ją tak, aby było $ia=il$, punkt a łączę z punktem o , a linia no będzie promieniem odbitym, za pośrednictwem którego widzę punkt l , w punkcie a : gdy zaś punkt n połączę z punktem l , linia nl będzie promieniem padającym, do którego promień odbity no należy, albowiem kąt $inl=ano$, a zatem kąty te są kątami padania i odbicia.

171. Bryły za zwierciadłem zawsze się symetrycznie wydają, ich *mniemany obraz* znajduje się, spuszczając z każdego punktu prostopadłą na zwierciadło, przedłużając te prostopadłe, i na przedłużeniach odcinając linie, odpowiadającym prostopadłym równe. Często postać przedmiotu skracamy rysunek. I tak, gdybyśmy mieli, fig. 66, strzałę prostą ab , i chcieli oznaczyć jej mniemany obraz; poprowadzilibyśmy prostopadłe ac , bd , odcięli $ic=ia$; $wd=wb$, i połączyli ze sobą punkta d , c . Gdybyśmy teraz, trzymając oko w punkcie o , chcieli się dowiedzieć, za pomocą jakiej wiązki światła widzimy strzałę za zwierciadłem; potrzeba tylko punkt o połączyć liniami prostymi z punktem d , c , z punktów przecięć e , k , poprowadzić linie ea , kb , a okaże się, że do widzenia tej strzały przez odbicie, wiązka światła $bkeoa$ jest potrzebna.

172. Obraz mniemany. Zwyczajnie mówią, że w zwierciadłach płaskich malują się obrazy przedmiotów, my zaś dodaliśmy jeszcze, że te obrazy są *mniemane*, czyli fałszywe, bo za zwierciadłami tego rodzaju, nie ma żadnego obrazu, czyli wizerunku przedmiotu, bo mówiąc tak, jak się rzeczywiście dzieje, widzimy sam przedmiot, i na swoim miejscu, lecz nas o tem nie ostrzega oko, bo od dzieciństwa nauczani jesteśmy patrzeć na ciała, za pośrednictwem promieni prostych, bez żadnego złamania i skrzywienia, do naszego oka wchodzących; tyle razy więc oko w błąd nas wprowadza, ile razy światło, jakimkol-

wiek sposobem złamane lub zgięte, do nas dochodzi, i w ten czas o miejscu pobytu ciała, sądzymy zawsze z kierunku, ostatecznej cząstki promienia, która do naszego oka wpada. W tym przypadku jesteśmy podobni do osoby zamyślonej, która, gdy ją kto z tyłu z lewej strony uderza w ramię prawe, mniema, że się uderza z prawej strony znajduje. W dalszym ciągu nauki będziemy jeszcze mieli bardzo wiele podobnych przykładów fałszywego widzenia, równie iak i dowiemy się o *obrazach rzeczywistych*, dla tego też obrazy zwierciadeł płaskich, dodatkiem *mniemane* odróżniliśmy.

Prawo zwierciadeł płaskich tłumaczy — iak ustawić zwierciadła, ażeby światło prowadziły tam, gdzie tego okazuje się potrzeba — dla czego cała osoba może się widzieć w zwierciadle, którego wysokość jest tylko połową jej wysokości — czemu drzewa, budynki, i t. d. w zwierciadle wody, wydają się pionowo — czemu przedmiot poziomy, w zwierciadle pionowym jest poziomy — w zwierciadle zaś, pod 45° do poziomu nachylonym, wydaje się pionowo, i odwrotnie.

ODBICIE NA DWÓCH ZWIERCIADŁACH RÓWNOLEGŁYCH PŁASKICH.

173. Fig. 67: zw , zw zwierciadła równoległe, a punkt światły, o oko. Zająwszy w którekolwiek z tych zwierciadeł, postrzeżemy szereg nieskończony obrazów mniemanych, w linii prostej leżących. W zwierciadle np . zw widzimy obrazy b , w , d , y , f ,... lecz okażemy tu tylko sposób powstawania obrazów b , d , f , pochodzących jedynie od zwierciadła zw . Wziąwszy $pb=pa$, będziemy mieli obraz mniemany b , widziany zwyczajnie przez jedno odbicie, dla tego też na figurze nie ma dla niego rysunku. Uważając b za punkt świecący przed zwierciadłem zw , odetnijmy $qc=qb$; otrzymamy nowy mniemany punkt światły c ,

który iako niby świecący przed zwierciadłem $\acute{z}w$, da fałszywy obraz d , w odległości $pd=pe$. Połączywszy punkt d z punktem o , a następnie t z s , s z b , r z a ; przekonamy się, że punkt d jest widziany promieniem trzy razy odbitym $arsto$, gdyż okazać można, że kąt $\acute{z}ra=wrs$; $\acute{z}sr=wsr$; $\acute{z}ts=wto$. Podobnym sposobem dowieść można, że obraz f widziany jest promieniem pięć razy złamanym $aiklmno$, l. 168. Widowisko to zowie się *Galeryą optyczną obrazów*.

174. Galerya optyczna obrazów może być nawet widziana w pojedynczym zwierciadle szklanym, co zwierciadła te różni od zwierciadeł metalowych, w których zawsze *ieden* tylko maluje się obraz. Zwierciadła szklane są podwójnemi, dwie albowiem mają płaszczyzny odbijające: przednią szklaną, tylną z amalgamy, obydwie przeto wydaia obrazy, lecz obraz pochodzący od powierzchni szklanej, jest nieporównanie słabszy, zawsze wydaie się bliżej, i tylko w ten czas widziany być może, gdy na zwierciadło patrzymy zukosa, l. 169, w tém to położeniu oka, więcej nawet niż dwa obrazy widzieć można. Im przedmiot iaśniejszy, i im ukośniej spoglądamy; tém liczba obrazów większa: promień świecy np . w przyjaznym kierunku, może być dziewięć razy powtórzony. Przyczyną tego zdarzenia jest dwoistość zwierciadeł szklanych, lecz nie potrzebniemy tu stawiać oka wewnątrz szkła, pomiędzy amalgamą a przednią szklą powierzchnią, albowiem zwierciadło przednie, jest przezroczyste, przepuszcza więc promienie od amalgamy odbite. Załedwo tu potrzebniemy wspomnieć, że odbicia wewnątrz obu powierzchni szkła tak się odbywają, iak na fig. 67, między zwierciadłami, z tą iedynie różnicą, że tam potrzeba było trzymać oko między zwierciadłami, ponieważ oba są nieprzezroczyste.

Budowa zwierciadeł szklanych, tłumaczy sposób powszechnie używany, dochodzenia ich grubości, przez

przykładanie paznokcia, lecz grubość ta nie jest równa całej odległości obrazu od przedmiotu, ale tylko połowie téj odległości, co jest łatwe do zrozumienia.

ODBICIE NA DWOCH ZWIERCIADŁACH PŁASKICH POD KĄTEM.

175. Gdy dwa zwierciadła nachylimy do siebie pod pewnym kątem; zobaczymy w nich tyle obrazów mniemanych, ile tych kątów mieści się w kole, mniej iednym, to jest: gdy ie nachylimy pod kątem, będącym połową, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, ... całego koła; na ten czas zobaczymy 1, 2, 3, 4... mniemane obrazy. Fig. 68, esf kąt zwierciadeł, zabierający ćwierć koła, a punkt światły, o oko. Obrazy mniemane b , c , wynajduia się, prowadząc cięciwy prostopadle ab , ac : a ponieważ punkta b , c , tak iak punkta świecące uważane być mogą; l. 168, w mniemanych więc obrazach sg , sh zwierciadeł, szukać należy mniemanego ich obrazu d , przez prowadzenie cięciw prostopadłych bd lub cd . Te trzy mniemane obrazy b , c , d , są widziane po liniach, bo , co , do , za pośrednictwem promieni odbitych eo , fo , no : pierwsze dwa promienie pochodzą od promieni padających ea , fa , trzeci zaś od promienia nia , w punktach i , n , dwa razy odbitego, albowiem dowieść można, że kąt $onf=ins$; $sin=eia$. Dla tego tu, równie iak pod l. 173 i 174, przedmiot kilka razy widzimy, bo w kilku kierunkach od niego do oka światło wpada, i przez to, iak się na swém miejscu dowiemy, kilka razy przedmiot ten maluje się w oku. Z tego to powodu, ile zwierciadeł w bliskości jest ponachylanych do siebie, tyle się razy w nich widzimy, chociaż zwierciadła te iedną nie raz stanowią całość.

ODBICIA NA ZWIERCIADŁACH KULISTYCH.

176. Ze wszystkich zwierciadeł krzywych, kuliste na szczególniejszą uwagę zasługują, przedstawiaia

bowiem obrazy foremne, i najłatwiej polerować się daią. Są dwojakie: *wklęsłe*, i *wypukłe*, i dwojakiego rodzaju tworzą obrazy: *rzeczywiste* i *mniemane*, czyli takie, iakie od zwierciadeł płaskich pochodzą. Ogólne prawidło wynajdowania w nich kierunku promienia odbitego, iest bardzo łatwe, dosyć iest tylko punkt padania łączyć ze środkiem kuli, której odcinkiem zwierciadło, mierzyć kąt zawarty między tą linią, a promieniem światła, i z drugiej strony promienia kuli, narysować kąt odbicia.

ODBICIE NA ZWIERCIADŁACH KULISTYCH WKŁĘSYCH.

177. Fig. 69, *ab* linia pozioma, zw pionowa, *z* zwierciadło, *s* środek kuli, której odcinkiem zwierciadło, a zatem *sc* promień tejże kuli, zw cięciwą, *z*cw łuk koła wielkiego, *d* środek cięciwy, *c* środek łuku. Punkt *s* nazywa się tu *środkiem kulistości* zwierciadła, *sc* lub wszelki inny promień, *promieniem kulistości*, punkt *c* *środkiem zwierciadła*, cięciwa zw *średnicą zwierciadła*, wszelka zaś linia prosta *ef*, *gh*, *ik*, nieograniczonej długości, przechodząca przez środek kulistości zwierciadła, zowie się *osią*: oś *ab* przechodząca przez środek zwierciadła, ma imię *osi głównej*, z tego powodu reszta *podrzędni* się nazywa.

Główną własnością każdej osi iest, iż promień światła w iej kierunku na zwierciadło padający, tą samą po odbiciu wraca się drogą, tak że promień padający i odbity, na iednej leżą linii, to iest na osi. Własność ta stąd pochodzi, że na każdej osi znajduje się promień kulistości zwierciadła, kąt za tém padania, względem promienia kuli uważany, iest zero, więc i kąt odbicia także zero być musi: czyli mówiąc prościej, promień w ten czas pada prostopadło na małe zwierciadelko płaskie, które iest częstką powierzchni kulistój. Gdyby *np.* promień światła pa-

dał w kierunku *bc*; odbiłby się podług linii *cb*, a promień *ki*, wróci kierunkiem *ik*.

178. Punkt świecący na osi głównej, gdy się znajduje w takiej od zwierciadła odległości, że średnica iego za nic prawie poczytana być może; na ten czas promienie za równoległe od siebie uważać należy, l. 158, a ponieważ punkt ten leży na osi głównej; pomiędzy więc promieniami padającymi, ieden w kierunku tejże osi padać musi, a że wszystkie pomiędzy sobą są równoległe; wszystkie więc i do osi głównej równoległe być muszą. Słowem: w tym przypadku na zwierciadło pada walec światła, którego oś główna iest osią. Zdarzenia tego nie można zupełnie oddać w rysunku, albowiem oś główna przynajmniej kilkadziesiąt razy dłuższa od średnicy zwierciadła być powinna, z tego powodu na fig. 70, nie oznaczamy punktu błyszczącego, lecz tylko walec promieni *z* *d* *w* na zwierciadło padających, gdzie *ac* iest osią główną zwierciadła i światłego walca, punkt zaś *s* środkiem kulistości zwierciadła. Chcąc oznaczyć kierunek promieni odbitych; potrzeba tylko, l. 176, punkta padania *z*, *i*, *c*, *n*, w połączyć z punktem *s*, liniami *zs*, *is*, *cs*, *ns*, *ws*, pomierzyć kąty padania *szd*, *sir*, *sca*, *snt*, *swe*, i porysować kąty odbicia *szg*, *sip*, *sca*, *snm*, *swh*. Chcąc *np.* promienia padającego *dz*, znaleźć promień odbity; łączę *z* z *s*, mierzę kąt *szd*, i rysuję kąt *szg*. Tym sposobem uczyniono kąt *sip* = *sir*; *snm* = *snt*; *swh* = *swe*, promień zaś *ac*, odbija się w kierunku *ca*. Tym sposobem jeżeli łuk zw przynajmniej 30° nie przechodzi, a rysunek iest z wszelką wykonaną ścisłością; wszystkie promienie odbite przejdą przez ieden punkt *f*, na osi głównej leżący, tak iż walec światła *z* *d* *w* zamieni się w dwa ostrokręgi *zfw*, *hfg*, których osią iest oś główna, punkt *f* wspólnym wierzchołkiem, podstawa iednego w nieskończono-

ści, a drugiego koło, którego średnicą średnica zwierciadła.

179. Punkt f przypada na środku sc promienia kulistości zwierciadła, gdyż $np.$ trójkąt szs jest równoramienny, bo kąt padania szd = kątowi odbicia szf , i = naprzemianległemu sobie zsf ; więc $fsz = fzs$; za tém bok $fs = fz$. Ponieważ podług założenia, łuk cz więcej nad 15° wynosić nie może; można go więc za linią prostą poczytać, a w takim razie pochyła fz , o wiele od prostopadłej fc różnić się nie może, powiedzieć za tém można, że $fs = fc$.

180. Punkt f nazywa się ogniskiem głównem: ogniskiem dla tego, że ponieważ w niem cały walec promieni światła jest, że tak powiem, skupiony; tam więc jest rzeczywisty ogień, od tego zaś punktu oddalając się, w jeden lub drugi ostrokrag odbitego światła, temperatura co raz się zniża, zawsze jednak jest wyższa, niż zewnątrz. Głównem znowu nazwano go dla tego, że takich punktów, iak zobaczymy zaraz, jest nieskończona liczba, które ogniskami sprzężonemi nazwano. Z tego także powodu linia fc ogniskowej nosi nazwisko.

181. Obraz rzeczywisty. Trzymając oko w którymkolwiek ostrokregu światła odbitego, zobaczymy punkt świetny f , tak iakbyśmy na sam punkt świecący patrzyli, punkt f bowiem tak posyła światło w te dwie strony, iak punkt świecący wokoło. Jeżeli zaś w punkcie tym trzymać będziemy tafelkę szklaną matowaną, albo przeźroczę $np.$ z muslinu lub gazy-rysu, wytężonego w ramie; punkt ten z każdego miejsca widzieć będziemy mogli, bo chropowatość przeźroczka, rozruci pewną ilość światła na wszystkie strony. Otóż to jest rzeczywisty obraz! nie widzimy tu bowiem samego punktu przez odbicie, w dalekiej odległości błyszczącego, lecz ognisko f , które jest prawdziwym wizerunkiem punktu światłego.

Własność ta służy wszystkim ogniskom sprzężonym, na wszystkich osiach podrzędnych leżącym.

182. Ogniskowa. Wiedząc iż ogniskowa równa się połowie promienia kulistości; zawsze ją znaleźć można, sposobem ieometrycznym na téj zasadzie, że mając dane trzy punkta, umiemy narysować koło, do którego te punkta należą, lecz sposób praktyczny jest prostszy. Fig. 71, naprzeciw otworu okiennicy w izbie ciemnej, stawia się zwierciadło, tak żeby osią swoją cokolwiek z promieni słonecznych zbaczało: wznieca się przed niem kurzawa lub dym $np.$ z burztynu: w ten czas ostrokregi promieni odbitych, oświecając tumany dymu, zaiśnią w całej swój okazałości, łatwo więc w ten czas ogniskową wymierzyć. Światło padające tu na zwierciadło, ściśle mówiąc, nie jest walcem, l. 157, lecz uchybienie stąd pochodzące, zaniedbane być może.

183. Bryły, powierzchnie, i linie palące. Jeżeli zwierciadło więcej nad 30° zabiera; na ten czas promienie odleglejsze od osi głównej, nie przechodzą przez ognisko główne, lecz przecinaia się z sobą, iak fig. 72 wskazuje. Tym sposobem powstaie szczególnego rodzaju bryła światła, bryłą palącą zwaną, która daie początek powierzchniom i liniom palącym. Promienie ad , cg , zb , w niczem się do utworzenia obrazu nie przyczyniaia, a co większa, bliższe osi, kształt obrazu niweczą. Z tego powodu zwierciadła kuliste nie powinny 30° przechodzić.

184. Punkt świecący zbliża się do zwierciadła. Fig. 73. Gdy punkt świecący l znajduje się tak blisko, że wielkość zwierciadła, ma pewne względem odległości jego znaczenie; na ten czas rzucąc będzie na zwierciadło ostrokrag światła zlw , który, jeżeli podług danego prawidła, rysunek będzie wykonany dokładnie, zamieni się w ostrokregi zow , aob , tak iż chcąc znaleźć ognisko sprzężone o , dosyć jest

tylko wyrysować *np.* kąt odbicia $bzs = lzs$ kątowni padania. Uważmy teraz, że gdy się punkt *l* co raz bardziej do zwierciadła zbliżać będzie; na ten czas kąt padania *szl* i odbicia *szb* zmniejszać się, punkt zaś *o* co raz bardziej oddalać się będzie, aż na koniec obadwa punkta *l*, *o*, w środku *s* kulistości zejdą się z sobą. I tak też być winno, gdy albowiem wszelkie promienie światła w kierunku promieni kuli padać będą, wszystkie więc po odbiciu, przez środek kulistości przejść muszą.

Gdy punkt świecący między środkiem kulistości a ogniskiem, *np.* w *o* znajdować się będzie; w ten czas kąt odbicia *szo* zamieni się na kąt padania, więc ognisko sprzężone przypadnie w *l*, tak, że gdy stanie w ognisku głównym; w ten czas promienie odbite tworzyć będą walec, a ponieważ się nigdzie ze sobą nieprzetną; nie będzie za tym ogniska, nie będzie żadnego obrazu. Gdyby więc, fig. 74, dwa zwierciadła miały oś główną wspólną, a w ognisku jednego był punkt świecący; na ten czas w ognisku drugiego zgromadziłby się walec światła, od pierwszego zwierciadła odbity.

185. Fig. 75. Punkt świecący na osi podrzędnej. Gdy się punkt światła na iakiejkolwiek osi podrzędnej *lw* znajduje; te same zupełnie zachodzą zdarzenia, co i na osi głównej, to jest: gdy punkt bardzo daleko; ognisko sprzężone przypada na jego osi, w odległości połowy promienia kulistości. W miarę zbliżania się punktu świecącego; punkt przecięcia oddala się od zwierciadła, w środku kulistości mija się z sobą, a gdy punkt świecący stanie w połowie promienia kulistości; promienie odbite tworzą walec, którego oś podrzędna jest osią. Ognisko wynajduje się tu najprostszym sposobem, prowadząc promień *li* równoległy do osi głównej, a po tem linią *i b* przez ognisko główne; punkt *o*, w którym *i b* prze-

źnie się z osią, na której punkt świecący leży, będzie punktem przecięcia się ostrokątów, odbitego światła. Promień bowiem *lw*, iako prostopadły, wróci w kierunku *wl*, a równoległy *li* do osi głównej, przez ognisko główne przejść musi. Tamtędy więc, gdzie się dwa te promienie z sobą przetną, wszystkie promienie odbite przechodzić będą.

186. Wynajdowanie obrazów ciał świecących lub oświeconych, tym samym skutecznym sposobem, co w zwierciadłach płaskich, to jest: każdego punktu bryły, szuka się ogniska sprzężonego, a zbiór tych ognisk, będzie ogniskiem, czyli obrazem całego przedmiotu. Bardzo często także, i tu kształt ciała następuje niektóre skrócenia w rysunku. I tak, fig. 76.

Niech będzie strzala ognista *ab*: prowadzę oś *am* punktu *a*, po tem promień *an* równoległy do osi głównej: przez punkt padania *n*, i ognisko główne *f*, rysuję linią *np*, a punkt *d* będzie obrazem punktu *a*. Prowadzę znowu oś *bi* punktu *b*, i promień *bk* równoległy do osi głównej, po tem linią *qk* przez ognisko główne, a punkt *c* będzie obrazem punktu *b*. Na ostatek, łączę punkta *c*, *d*, linią prostą, a linia ta będzie wizerunkiem strzaly *ab*, i tak jasnieć będzie, iak sama strzala. Widzimy tu, dla czego obraz musi być przewrócony, a zważając, że obraz równie iak i przedmiot, osiami *bi*, *am*, jest obięty; poiąć łatwo, że im przedmiot jest bliżej zwierciadła; tem obraz większy być musi, i na odwrot, że za tem w miarę iak się ciało zbliża, obraz się powiększa, a gdy się oddala; zmniejszać się musi — że na ostatek obraz przedmiotu, będącego w odległości bardzo wielkiej, musi być najmniejszy, co następnie w ten czas, gdy się tworzy w ognisku głównym. Z tego powodu, gdy sposobem praktycznym szukamy ogniska głównego; nigdy punktu matematycznego znaleźć nie możemy,

lecz tylko małe kółko, które jest obrazem słońca. Łatwo także pojąć, że gdyby cd był przedmiot; jego obrazem byłoby ab — że obraz równa się przedmiotowi, gdy się w środku kulistości ze sobą schodzą — że obraz tym jest większy, im dalej od zwierciadła przypada, niż jest przedmiot, i t. d.

Wszystko to, cośmy tu o obrazach powiedzieli, najlepiej sprawdza się w doświadczeniu, używając płomienia świecy za przedmiot, a przezroczem szukając obrazu tak, iakżeśmy to dla ogniska głównego czynili. Samo przez się rozumi się, że doświadczenie w ciemnej izbie robić należy; lecz i na widoku uskutecznić go można, poprostu przeglądając się w zwierciadle, na przód z bardzo daleka, po tym co raz bliżej. Zobaczymy obraz własny przed zwierciadłem, i na przezroczu odebrać go możemy, lecz dla tego się bardzo daleko za zwierciadłem wydaie, że zawsze mniejszy wypada. W doświadczeniu tym nie można otrzymać własnego obrazu większego, gdyż taki przypadłby w tyle nas, gdyby się mógł utworzyć, lecz nie powstaie nawet, bo sobą całe zwierciadło zasłaniaemy, tak iż promienie odbite, przód w nas toną, nim dojdą do punktu przecięcia się z sobą.

187. Przedmiot na ogniskowej. Zobaczymy teraz, co się dzieie w ten czas, gdy się przedmiot na ogniskowej znajduje. Fig. 77, punkt l rzuca na zwierciadło ostrokąg światła nl , który po odbiciu zamienia się w ostrokąg ucięty $anib$: promienie odbite, nigdzie się nie przecinają z sobą, lecz tak się rozchodzą, iak w zwierciadłach płaskich, z tego też powodu nie ma tu rzeczywistego obrazu, czyli drugiego punktu promieniującego, lecz tylko punkt l widziany jest za zwierciadłem w r , to jest tam, gdzie się przedłużenia promieni odbitych z sobą zbiegają. Słowem, tworzy się mniemany obraz, tak iak w zwierciadłach płaskich, z tą iedynie różnicą, że jest od

przedmiotu większy, bo dalej od zwierciadła przypada. Jakoż, fig. 78, niech będzie przedmiot ab , nad osią główną, lecz zawsze bliżej zwierciadła, niż ognisko główne: poprowadźmy osi as , bs , punktów a , b , tudzież ich promienie równoległe ao , bp . Przedłużenia promieni odbitych punktu a , zejda się z sobą w d , punktu zaś b , w e . Tym sposobem przedmiot widziany będzie za tym zwierciadłem, iak za płaskim, i dla tego nawet obraz mniemany nie wyda się przewróconym.

ODBICIE NA ZWIERCIADŁACH KULISTYCH WYPUKŁYCH.

188. Zwierciadła wypukłe nie przedstawiają tej rozmaitości, co wklęsłe. Ponieważ w nich wszelkie promienie po odbiciu, rozchodzą się; zdarzenia więc ich są też same, co zwierciadł wklęsłych, gdy przedmiot jest na ogniskowej, i te same, co płaskich. Słowem, dają tylko obraz mniemany, z tą różnicą, że zawsze mniejszy od przedmiotu, bo się za zwierciadłem bliżej wydaie. Nie ma w nich za tym żadnego ogniska, a ogniskiem głównem nazywa się tylko punkt zbiegu promieni równoległych do osi głównej, po odbiciu. I tak, fig. 79, wałec światła $bacd$, zamienia się tu na ostrokąg ucięty $eacg$, tym sposobem punkt świecący, bardzo daleko na osi głównej leżący, widziany jest za tym zwierciadłem, w połowie promienia kulistości, w punkcie f , który tu jest mniemanym ogniskiem głównym. Obraz mniemany oznacza się tu w ten sam sposób, iak w zwierciadłach wklęsłych w ten czas, gdy tam przedmiot leży na ogniskowej. I tak, fig. 80, gdy mamy przedmiot ab ; punktu a prowadzi się oś as , co wskazuje, iż promień ao odbiie się w kierunku oa , promień zaś an , równoległy do osi głównej, odbiie się tak, iż przedłużenie jego nf przejdzie przez ognisko f : na przecięciu więc promieni przedłużonych oa , nq , to jest w punkcie c ,

będzie widziany punkt *a*. Tym samym sposobem punkt *b* wyda się w *d*, i przedmiot będzie widziany prosto, tak iak w zwierciadłach płaskich, co wszystko wskazuje, że zwierciadła te obraz tylko przedstawiają, mniemany. Ognisko tych zwierciadeł łatwiej się sposobem ieometrycznym niż praktycznym wyznacza, z tego powodu opisanie ostatniego pomiiamy.

189. Różne nazwania zwierciadeł kulistych. Z tego, co się o zwierciadłach kulistych powiedziało, okazuje się, że wklęsłe zgromadzają zawsze promienie światła, bo choć w nich promienie po odbiciu, od punktu na ogniskowej położonego, mają postać ostrokągu przewróconego; ostrokąg jednak ten jest wysmuklejszy, od ostrokągu padającego. Z tego powodu zwierciadła te *zgromadzającymi* nazwano. Gdy mają wymiar znaczny, tak że w swém ognisku ciała trudno topliwe topić, zapalać, lub zmieniać ich naturę mogą; zwierciadeł *palących* noszą nazwisko. Tego rodzaju zwierciadła składają się niekiedy ze zwierciadeł płaskich, stosownie do siebie ponachylanych. Takie zrobił Buffon, które o 200 stóp zapalało drzewo, i topiło miedź, ołów, i t.d. Doświadczenie to czyni już mniej do uwierzenia niepodobném owo podanie historyczne o Archimedesie, tyczące się oblężenia Syrakuzy. Zwierciadła wypukłe *rozpraszającymi* się zowią, bo promienie od nich odbite, bardziej się rozbiegają, niż promienie padające. Zwierciadła wklęsłe nazywają się *ieszcze powiększającymi*, a wypukłe *zmniejszającymi*.

190. Z tego, cośmy dotąd o zwierciadłach kulistych powiedzieli, wypada ieszcze — że ognisko punktu we środku kuli świecącego, przypada w tymże środku — że gdy punkt świecący, błyszczy w jedném ognisku ellipsoidy; wszystkie promienie po odbiciu, przez drugie ognisko przechodzą, z tego wracają do pierwszego... fig 74, — że gdy źródło światła znajduje się

w ognisku paraboloidy; promienie odbite tworzą walec bez końca, f. 55. Na téj zasadzie polega użycie tego rodzaju zwierciadeł do latarni morskich. Wszelkie inne zwierciadła byłyby tu nie użyteczne, albowiem rozpraszają światło, moc iego zatém osłabiają w stosunku kwadratów z odległości, gdy tym czasem paraboloida rzuca ukośnie walec światła na morze, i oświeca mniej więcej rozległą iego płachtę, mającą figurę ellipsy. Nad to, zwierciadeł tych mechanizm jest tak urządzony, iż się same iak wahadła, po płaszczyźnie poziomej kołyszą, przez co ellipsę świetną po wielkiej powierzchni morza roznoszą. Tym sposobem żeglarz skoro tylko raz wpadnie na światło, już się do portu kierować umi. Z resztą sama teoria tłumaczy użycie zwierciadeł kulistych, równie iak płaskich, na *Reflektory* czyli *Rewerbery* do latarni, i lamp rozmaitego gatunku.

ZWIERCIADŁA OSTROSLUPOWE, WALCOWE I OSTROKĄGOWE.

191. Zwierciadła *ostrosłupowe* składają się ze zwierciadeł płaskich trójkątnych, w niczem więc nie zmieniają postaci przedmiotów, lecz gdy przedmiot na tyle części rozdzielimy ile jest boków, i przed każdym bokiem iedną część stosownie położymy; patrząc z góry na to zwierciadło, zobaczymy przedmiot całkowity. Zwierciadła *walcowe*, pionowo uważane, są płaskie, a poziomo, kuliste wypukłe; zwięzają więc szerokość przedmiotów. Osoba miernej tuszy, wydaie się w nich szczupłą, a kwadrat prostokątem, pionowo długością stojący. Chcąc przeto w tych zwierciadłach mieć wymiary naturalne; trzeba przedmiotom dawać grubość, czyli szerokość większą od właściwej. Tak np. chcąc tu otrzymać kwadrat; trzeba przedstawić prostokąt, wymiarem dłuższym poziomem. Zwierciadła *ostrokągowe* tém się tylko od walcowych różnią; że im wyżej, tém są zwierciadła-

ni mniejszego promienia, tém więc przedmiot zwięźaia bardziej. Kwadrat zatem wydaie się tu trapezem, a nawet trójkątem, na iednym boku stojącym. Chcąc przeto w tém zwierciadle mieć właściwe wymiary, trzeba ie w naturze rozszerzyć, tém bardziej, im bliżej wierzchołka. Obrazki w ten sposób malowane, zowią się *Anomorfosami*.

ROZDZIAŁ III.

ZAŁAMANIE ŚWIATŁA

(DYOPTRYKA).

ZAŁAMANIE NA JEDNÉJ PŁASZCZYZNIE.

192. Doświadczenie, okazujące załamanie światła. Fig. 82, *acdb* naczynie w izbie ciemnej, którego ściana przednia szklana, s płomień świecy, część naczynia *acb* oświecona *edb* ciemna. Oznaczmy na ścianie przedniej linią *eb*, oddzielającą część ciemną od oświeconej, nalejmy iakiiej cieczy po *oi*; azobaczymy w ten czas, że część promienia *re*, znajdującego się w cieczy, ze swój drogi zboczy, i przybierze *np.* kierunek *rn*, tak iż kąt *prn* względem prostopadłej, z punktu padania wyprowadzonej, będzie mniejszy od *pre*. Gdyby bryła *ocdi* była z iakiego ciała stałego, przezroczystego; ten sam byłby wypadek. Podobnie, gdyby bryła ta była iakim gazem: lecz w ten czas promień *re* nie zawszeby się do prostopadłej *zp* przybliżał. Jeżeliby gaz był rzadszy od powietrza, lub gdyby w *ocdi* była próżnia; część ta promienia oddalilaby się od prostopadłej, przybierając *np.* kierunek *mr*. Słowem, ile razy światło przechodzi z iednego ciała do drugiego — lub z ciała iakiego do próżni, — lub z warsty gęstszej tego samego ciała, do rzadszej; tyle razy się łamie.

Promień *rn*, lub *rm*, zowie się *załamanym*, a kąt *prn*, lub *prm*, kątem załamania, wszystkie zaś ciała

wraz z próżnią w Dyoptryce przybierają nazwisko *środków*. Wielkość kąta załamania zależy: — *napród*, od wielkości kąta padania, tak że im ten kąt większy; tém i kąt załamania większy — *po wtóre*, od natury środków: w środku palniejszym i gęstszym jest zawsze mniejszy. Dla tego dyament tak mocno łamie światło, że jest ciałem bardzo palnym. Pamiętajmy więc, że w środku palniejszym i gęstszym, zawsze promień załamany z swego kierunku schodzi ku prostopadłej do płaszczyzny padania, przez punkt padania przechodząc, a w rzadszym, od niej się oddala.

193. Zasada Dyoptryki czyli prawo załamowania się światła. Kąt załamania z kątem padania, leży na iednej płaszczyźnie, a dla tych samych dwóch środków, stosunek wstaw kąta padania i załamania jest stały, to iest, gdy *np.* promień przechodząc z powietrza do wody, pada pod kątem 45° ; zmierzwszy wstawę kąta padania i załamania, jeżeli się okaże, iż wstawa kąta pierwszego, ma się tak do wstawy drugiego, iak 4 do 3; na ten czas możemy być pewni, że ten sam także będzie stosunek linii pomienionych, choć promień światła pod kątem, 10° ; 20° ; 30° ; 90° padać będzie. Lecz gdy którykolwiek ze środków tych zmieni się, gdy *np.* światło z powietrza do szkła wpadać będzie; stosunek ten także się zmieni, i będzie 3: 2, lecz znowu dla powietrza i szkła zawsze ten sam służyć będzie, iakkolwiek pada światło.

194. Promień prostopadle na płaszczyznę padający, nie łamie się. Gdy promień pada prostopadle; wstawa kąta padania jest zero: więc i wstawa kąta załamania także zero być musi, czyli, że w tym przypadku promień załamany, nie zbacza z kierunku promienia padającego. Jakoż, gdybyśmy w doświadczeniu naszym puścili promień światła po

linii zr ; promień ten wyszedłby na drugą stronę w punkcie p .

195. Kąt załamania największy. Kąt padania największy jest 90° , czyli w ten czas, gdy promień idzie równolegle do powierzchni, oddzielającej środka, a ponieważ kąt załamania w środku gęstszym, zawsze od kąta padania mniejszy być musi; więc kąt załamania największego, nigdy się kątowemu prostemu równać nie może. Stąd wypada, że światło ze środka gęstszego do rzadszego nie zawsze przejdzie, że gdy kąt padania w ten czas jest większy od załamania największego; promień odbija się całkowicie na płaszczyźnie łamiącej, wracając na powrót do środka gęstszego. I tak, ponieważ kąt największego załamania we wodzie 48° , a w szkłe 40° wynosi; żaden promień z wody, pod większym kątem, jak 48° padający, wydobyć się na powietrze nie może, a ze szkła pod większym kątem padania, jak 40° . Dla tego, fig. 83, nakrywamy do połowy beczkę pełną wody; pod tą półpokrywą, będzie zupełna ciemność — dla tego także, fig. 84, światło umieszczone w kolbie szklanej, zanurzonej w wodzie, w pewnej tylko odległości może być widziane, a walcem szklanym, fig. 85, ściętym do osi pod kątem 50 czyli 130° ; zatkać można otwór okienny.

196. Sposób wyznajdowania drogi promienia załamane go. Znając stosunek załamania, w każdym razie znaleźć można kierunek promienia załamane go. Fig. 86, niech będzie ab powierzchnia wody, promień padający si : z punktu i wyprowadzam pionową iz , i zakreślam łuk ad , z punktu n prowadzę prostopadłą mn na pionową zi , ta będzie wstawą kąta padania siz . Ponieważ wstawa kąta padania, do wstawy kąta załamania, z powietrza do wody $= 4:3$; dzielę więc linią mn na 4 części równe, i z $\frac{3}{4}$, rachując od m , czyli z punktu o , wyprowadzam pio-

nową eo , a następnie z e spuszczałam prostopadłą et na linią zi : linia et będzie wstawą kąta załamania, a za tym kąt eiz będzie równy kątowi załamania. Przedłużam więc ei do r , a ir będzie kierunkiem promienia załamane go, bo kąt $pir = zie$, będzie kątem załamania.

197. Oznaczenie bryły światła załamane go. Znając znowu stosunek załamania, i sposób wyznajdowania drogi załamane go promienia; w każdym razie oznaczyć można, jaką postać po załamaniu, przybiera bryła padające go światła. I tak, przekonać się można, że promienie równoległe, po załamaniu, równoległymi być nie przestają — że ostrokągi światła ściągają się w środku gęstszym, a rozszerza w rzadszym. Fig. 87: s punkt światły, in poziom wody: promień pionowy sz nie zboczy ze swego kierunku, lecz promienie pochyle $si, sn, \dots$ po załamaniu, zbliżają się do swych prostopadłych: znalazłszy przeto sposobem wyżej podanym ich kierunki; zobaczymy, iż promienie załamane przedłużone, wszystkie się w jednym punkcie l na przedłużeniu promienia pionowego spotkają, tak iż ostrokągi isn zamieni się na cll . Patrząc przeto z wody w powietrze; punkt s wyda się wyżej niż się rzeczywiście znajduje. Gdyby znowu nad in była woda, a na dole powietrze; w ten czas ostrokągi isn zamieniliby się na aob , i punkt s wydalby się niżej w punkcie o . Z tego to powodu rzeki, stawy, i t. d. płytszemi się zawsze wydają, dla tego kij ukośnie zanurzony w wodzie, łamie się, a dno naczynia nalane cieczą, może być widziane z tego miejsca, z którego dojrzeć go niepodobna, gdy tylko w naczyniu powietrze, i t. d.

198. Rysowanie przedmiotów, w innym środku widzianych. Fig. 88. Umiejąc znajdować bryły światła załamane go, tym samym potrafimy rysować przedmioty, w innym, niż nasze oko, znajdu-

iące się środku. Gdy *np.* *ab* jest powierzchnią wody, *pq* strzala w wodzie; chcąc się dowiedzieć, w którym miejscu jest widziana, dosyć jest wyprowadzić prostopadłe *pz*, *qm*, sposobem pod l. 197 podanym, narysować promienie *pns*, *qis*, przedłużyć *sn*, *si*, aż do spotkania się w *t*, *r*, z liniami *pz*, *qm*, punkta *t*, *r*, połączyć z sobą, a linia *tr* oznacza miejsce, w którym strzala z powietrza we wodzie jest widziana.

ZALAMANIE NA DWÓCH PŁASZCZYZNACH RÓWNOLEGŁYCH,
CZYLI W RÓWNOLEGŁOŚCIANACH.

199. Tym samym sposobem przekonać się można, że gdy promienie przechodzą przez dwie płaszczyzny równoległe, czyli przez równoległościany, gdy *np.* z powietrza idą do szkła, a z tego znowu na powietrze wracają, że załamawszy się, i odbiwszy dwa razy, równoległe do pierwotnego kierunku swego wychodzą, — że ostrokąt światła w tym razie, zamienia się na dwa ostrokręgi, fig. 89, przez co punkt *z* widziany jest w punkcie *z* bliżej, niż się rzeczywiście znajduje, i tem bliżej, im szkło jest grubsze. Z tego powodu przez okno wszystkie przedmioty są bliżej widziane, lecz różnica stąd pochodząca jest nieznaczna, bo grubość szyb bardzo mała.

ZALAMANIE NA TRZECH, I WIĘCEJ PŁASZCZYZNACH
RÓWNOLEGŁYCH.

200. Gdy promień światła przechodzi przez trzy, cztery... płaszczyzny równoległe, oddzielające środki, co raz bardziej łamiące; postać jego jest linii polamaniej, do części obwodu wielokąta podobnej: jeżeli zaś płaszczyzny te są bardzo bliskie; wielokąt ten zamienia się w linią krzywą. Taką drogą przychodzą do nas promienie słońca, gwiazd, księżyca, i t. d. gdyż, jak wiemy, gęstość atmosfery pomnaża się z ięć głębokością: a ponieważ, l. 172, przedmioty wydają się zawsze na przedłużeniu cząstki promienia, wpa-

daiać do oka; cała przeto półkula wierzchnia nieba, jest dla nas ku nadglówkowi naszemu skupiona. Chociaż się więc słońce pod horyzontem znajduje; widzieć go w pewnej głębokości możemy: z tego powodu wprzód dzień zaczynamy, a później kończymy, niż go obrot ziemi naznacza. Fig. 90, koło najmniejsze oznacza ziemię, największe drogę słońca średnie atmosferę, *s* słońce przed wschodem, *c* po zachodzie, *ab* poziom, *nz* wierzchołkowa. Fenomen ten w Astronomii zowie się *Zalaniem* albo *Refrakcją atmosferyczną*, i oprócz *Aberracyi*, jest drugim powodem, dla którego nigdy ciał niebieskich na swoim miejscu nie widzimy. Tylko w kierunku wierzchołkowej, atmosfera żadnego w tej mierze skutku sprawić nie może.

Uwaga. Samo przez się rozumi się, że na drugiej, trzeciej, ... powierzchni łamiącej, odbicie częściowe tak następuje, jak na pierwszej, bo przez ile ciał światło przechodzi; tyle razy się odbija, tak iż przez wielokrotne odbicie, równie jak przez wielokrotne załamanie, moc światła zupełnie zniweczona być może.

ZALAMANIE NA DWÓCH PŁASZCZYZNACH POD KĄTEM
CZYLI W GRANIASTOŚLUPACH.

201. W graniastosłupach, promień padający z wychodzącym, czyni zawsze kąt, którego wierzchołek jest obrócony w tę stronę, co wierzchołek kąta łamiącego, i w tej samej stronie zawsze widziany jest przedmiot, który się u podstawy znajduje. Fig. 91, *abc* wystawia przecięcie graniastosłupa trójkątnego szklanego, *ab* płaszczyzna padania, *bc* płaszczyzna wyjścia, *abc* kąt temi płaszczyznami utworzony, czyli kąt łamiący, *si* promień padający. W punkcie padania i powtórzywszy rysunek, pod l. 196

podany, okaże się, że promień si w graniastosłupie abc , pójdzie kierunkiem in , tworząc z prostopadłą pq , kąt załamania qin . Toż samo uczyniwszy w drugim punkcie padania n , otrzymamy no promień wychodzący. Poprzedzając kierunki promienia padającego i wychodzącego, tak ażeby się z sobą w punkcie k przecięły, i uważajmy, że promień przez graniastosłup przechodzący, łamie się tak, iż promień padający z promieniem wychodzącym, do podstawy przecięcia graniastosłupa są zwieszane, a przedłużone, czynią z sobą kąt, którego wierzchołek jest zawsze w tej samej stronie, co i kąt łamiący. Gdyby za tym oko znajdowało się w o ; na ten czas punkt świecący s , byłby widziany w s , na przedłużeniu on , promienia wychodzącego: byłby więc sprowadzony ze swego miejsca w tę stronę, w której się kąt łamiący znajduje. Gdyby przeto kąt łamiący był na dole; punkt świecący byłby sprowadzony na dół, a gdyby się na prawej ręce znajdował; punkt świecący poszedłby na prawą, i odwrotnie.

202 Zboczenie światła w graniastosłupach zależy i od wielkości kąta łamiącego. W tym celu bierze się graniastosłup, z kątem łamiącym zmiennym, czyli naczynie trojgranne, którego podstawą jest krawędź kąta łamiącego: dwoma bokami przeciwległymi, trójkąty, a drugimi dwoma, prostokąty szklane, u podstawy zawiąskami z sobą połączone. W naczynie to nalewa się iakićj cieczy, i na jeden prostokąt szklany, puszcza się promień światła, i na przeciwległej ścianie, uważa się kółko świetne, po czém tylną ścianę prostokątną, otwiera się bardziej lub przymyka, ażeby przez to kąt łamiący graniastosłupa powiększyć, lub zmniejszyć: kółko świetne zmieniać swe miejsce będzie, co dowodzi, że rozmaity kąt nachylenia płaszczyzn, pa-

dania i wyjścia, rozmaicie łamie światło. Im kąt większy, tém złamanie większe, i na odwrot.

203. Z graniastosłupa nie każdy promień światła wyjdzie. Z tego, co pod l. 195 powiedziano, domyślać się należy, że nie każdy promień światła, na drugą stronę graniastosłupa przejdzie, że ten tylko przechodzi, którego promień wewnątrz graniastosłupa załamany, z płaszczyzną wyjścia, tworzy kąt większy od kąta, dopełniającego kąt załamania największego do 90° . I tak, gdy promień ten, w graniastosłupie szklanym, z powierzchnią wyjścia, tworzy kąt 50° lub mniejszy; promień ten nie wyjdzie, lecz się całkiem od tej powierzchni odbije. Do tego rodzaju doświadczeń, służy powyżej opisany graniastosłup, z kątem łamiącym zmiennym. Nadając rozmaity pochyłość powierzchni wyjścia, dokazać tego można, że raz promienie przez graniastosłup przechodzą, drugi raz od powierzchni wyjścia, odbijają się całkowicie będą.

ZALAMANIE NA POWIERZCHNIACH KULISTYCH,

czyli W SOCZEWKACH.

204. Gatunki Soczewek. Soczewki są to bryły przezroczyste, ograniczone powierzchniami kulistymi, lub kulistą i płaską: często także w nich jeszcze się powierzchnia walcowa znajduje. Pomiedzy tego rodzaju powierzchniami, sześć połączeń zachodzić może, sześć też jest gatunków soczewek. Przecięcia ich wyobrażają figury od 93 do 98. Figura 93 wyobraża soczewkę, z dwoma powierzchniami kulistymi, wypukłymi: fig. 94, z iedną wypukłą, a drugą płaską: fig. 95, z iedną wypukłą mniejszego promienia, drugą wklęsłą, większego: fig. 96, z dwoma wklęsłymi i walcową: fig. 97, z iedną wklęsłą, płaską, i walcową: fig. 98, z iedną wypukłą większego promienia, drugą wklęsłą mniejszego, i walcową. Trzy pierwsze w środku są najgrubsze, czyli wypukłe, na

obwodzie najcińsze, i dla tego *wypukłemi* się zowią: trzy ostatnie w środku najcieńsze czyli *wklęsłe*, na obwodzie najgrubsze, i dla tego *wklęsłemi* nazwane. W szczególności zaś: 1sza zowie się *wypukło-wypukłą*, 2ga *płasko-wypukłą*, 3cia *wklęsło-wypukłą*, 4ta *wklęsło-wklęsłą*, 5ta *płasko-wklęsłą*, 6ta *wypukło-wklęsłą*, 3cia i 6ta noszą jeszcze nazwisko *menisków*.

205 Soczewki są zbiorem graniastosłupów. Soczewki składają się z brył dwoiakiego rodzaju: każda w samym środku jest walcem, którego podstawa leży na jednej powierzchni soczewki, a wierzchnica na drugiej: reszta bryły soczewki jest zbiorem graniastosłupów, które w wypukłych, są obrócone podstawami do pomienionego walca, a kątami łamiącymi do obwodu soczewki, we wklęsłych zaś, podstawy do obwodu, a kąty łamiące do walca zmierzają. Aby się o tem przekonać, dosyć jest środki powierzchni, fig. 99 i 100, połączyć linią prostą *ab*, i przypatrzeć się przecięciom: male cząstki *a*, *b*, obu powierzchni, równoległe będą, a każda połówka przecięcia, przybierze postać trójkąta, który w soczewce wypukłej wierzchołkiem do obwodu, a we wklęsłej, do osi *ab* walca obrócony będzie. Dwa boki tych trójkątów, będą w prawdzie łukami koła, lecz gdy każdy z nich, linijami do osi walca równoległemi, podzielimy na tak drobne części, ażeby male łuczki, za linie proste poczytać można; w ten czas powstaną prawdziwe przecięcia graniastosłupowe, jedne na drugich leżące.

Z tego rysunku okaże się nad to, że graniastosłupy tém mają kąt łamiący większy; im bliżej leżą obwodu, tak iż na samym obwodzie, kąty łamiące są największe, a w środku są płaszczyzny równoległe. Stąd znowu, w ogólności mówiąc, wypada ten wniosek, l. 201 że wszelki promień, przez soczewkę wypukłą przechodzący, ku środkowi soczewki skłaniać

się musi, gdy tym czasem we wklęsłych do obwodu, i że tak w jednych iak w drugich, promień tém bardziej zbacza ze swego kierunku; im bliżej pada obwodu soczewki, a tém mniej, im bliżej środka soczewki. Z tego to powodu, trzy pierwsze gatunki soczewek, *zgrupadzałącemi* nazwano, trzy zaś ostatnie *rozpraszającemi*.

206. Sposób szukania drogi promienia załamanego w soczewkach. Na zasadzie tego, cośmy pod l. 176, o zwierciadłach kulistych powiedzieli, droga promienia, przechodzącego przez soczewkę, wynayduie się następującym sposobem. Fig. 101, chcąc oznaczyć drogę promienia *li* przez soczewkę, i po wyjściu z soczewki; przez punkt padania i prowadzi się promień kulistości *sp*, powierzchni padania, a narysowawszy wstawę kąta padania *lip*, około punktu *i* wykonywa się rysunek, pod l. 196 wskazany. Tym sposobem znajdziemy kąt załamania *sin*, i promień złamany *in*. W ten czas punkt *n* uważa się za nowy punkt padania. Poprowadziwszy przeto promień kulistości *sq*, powierzchni wyjścia; około punktu *n* powtarza się po drugi raz wspomniany rysunek, a uważając kąt *sni* za kąt padania, wypadnie nam kąt załamania *rnq*, i promień *nr*, opuszczający soczewkę.

207. Punkt optyczny soczewki. W ogólności mówiąc, powiedzieliśmy wyżej, że wszelki promień przez soczewkę przechodzący, do i jej obwodu skłaniać się, lub od niego odłamywać się musi, zdawałoby się za tem, że w soczewkach, tak iak w graniastosłupach, zawsze promień padający z wychodzącym, albo ku środkowi soczewki zwieszony, albo ku i jej obwodowi nachylony być musi, lecz nie tak się rzeczywiście dzieje. W każdej soczewce jest jeden punkt, przez który, gdy światło przechodzi; promień padający z wychodzącym, są do siebie ró-

wnoległe. Fig. 102, poprowadźmy promienie kulistości sn , so , równoległe do siebie, punkta n , o , połączmy z sobą: wszelki promień, idący kierunkiem linii no , złamie się w prawdzie, w punktach n , o , lecz promień padający ln , będzie równoległy do swego wychodzącego om : ponieważ bowiem promienie kulistości sn , so , są równoległe; więc i małe płaszczyzny n , o , do nich prostopadle, równoległymi być muszą, a gdy promień przechodzi przez płaszczyzny równoległe; kierunek jego padania, jest równoległy do kierunku wyjścia, l. 199.

Liczba par promieni kulistości równoległych, w każdej soczewce jest nieskończona, a gdybyśmy rysunek powyższy, dla każdej takiej pary promieni powtarzali; okazałoby się, że każdy promień, równoległe wychodzący, przez tenże sam punkt c soczewki przechodzi. Ponieważ grubość soczewek w porównaniu z odległością ciał świecących, jest zawsze bardzo mała; utrzymywać przeto można, że promienie takie, iak ln om , wcale nie zbaczają z swjej drogi. Z tego samego powodu uważa się także, iakoby punkt c zawsze leżał w środku soczewki, lubo w soczewkach z jedną powierzchnią płaską, znajduje się na powierzchni krzywój, a w meniskach, nawet zewnątrz soczewki jest położony. Punkt ten nazywa się *środkiem optycznym*, a wszelka linia, przez niego idąca, przybiera nazwisko *osi*, oś zaś przechodząca przez środki kulistości soczewek, jest *osią główną*.

ZALAMANIE NA POWIERZCHNIACH KULISTYCH WYPUKŁYCH, CZYLI W SOCZEWKACH WYPUKŁYCH.

208. Nauka o soczewkach, jest powtórzeniem nauki o zwierciadłach kulistych, prawie tylko zamiast wyrazu *odbicie*, *załamanie* podstawić trzeba. Soczewki wypukłe odpowiadają zupełnie zwierciadłom wklęsłym, a wklęsłe wypukłym. I tak, co do soczewek

wypukłych: gdy punkt świecący znajduje się bardzo daleko na osi głównej; w ten czas walec światła, z drugiej strony soczewki, iak fig. 103 wskazuje, na dwa ostrokręgi zamienia się, i tworzy *ognisko główne*, a ogniska tego są też same własności, co w zwierciadle kulistym wklęsłym. Gdy się punkt świecący zbliża, i rzuca na soczewkę ostrokrąg światła; ognisko sprzężone oddala się od soczewki. Gdy stanie w podwójnej odległości ogniskowej od soczewki; wspólny wierzchołek ostrokręgów załamanego światła, w tejże samej także odległości, z drugiej strony soczewki przypada. Gdy się znajduje w ognisku głównym; światło załamane jest walcem, a w ogólności, ogniska sprzężone idą tu ciągle w tę samą stronę, gdy tym czasem w zwierciadłach szły zawsze w strony przeciwne, do siebie, lub od siebie. Na osi podrzędnej te same następują odmiany.

209. Bryły palące przez załamanie. Przez załamanie podobnie, iak i przez odbicie, powstają bryły palące, te tylko bowiem promienie światła załamanego w iednym przecinają się punkcie, które w bliskości osi głównej na soczewkę padają, reszta co raz bliżej też oś przecina. Z tego to powodu, jeżeli soczewka ma służyć do przedstawiania obrazów; nigdy ićj odcinki więcej nad 15 stopni kuli zajmować nie powinny. Dla tej także przyczyny, prawdziwa rysunkowe, pod l. 197 i 198 podane, tylko za przybliżone uważać trzeba. Własność ta soczewek, iż dają bryły palące, *wadą kulistości* przezwaną została.

210. Obrazy przedmiotów w podobny także oznaczają się sposób. I tak, fi. 104, niech będzie ab oś główna, cd strzała; f, f , ogniska główne. Prowadzi się oś podrzędna cg punktu c , tudzież promień ci , równoległy do osi głównej. Promień idący w kierunku osi cg , nie ulega żadnemu zboczeniu, promień zaś ci

złamawszy się, po wyjściu z soczewki, przejdzie przez ognisko główne: w punkcie więc g odmaluje się punkt c . Tym samym sposobem znajdzie się h , obraz punktu d , a gh będzie obrazem całej strzały. I tu obraz przewrócony wypada, i jest najmniejszy, gdy się w ognisku głównym maluje, wzrasta w miarę swego oddalania się od soczewki, czyli w miarę iak się przedmiot do soczewki przybliży. Gdy jest w ognisku głównym; nie ma obrazu, bo ostrokągi światła z każdego punktu na soczewkę podające, zamieniają się w wałce, iak fig. 105 wskazuje.

211. Gdy punkt światły na ogniskowej; promienie załamane $ainb$, fig. 106, mają postać ostrokręgu ściętego, opierającego się swém ścięciem na soczewce, lecz ostrokąg ten jest zawsze szczuplejszy od ostrokręgu iln padającego światła. W ten czas więc jest tylko *mniemany* obraz, i oko z prawej strony szkła umieszczone, widzi punkt l w punkcie q . Gdy więc na ogniskowej przedmiot; obraz maluje się dalej, i dla tego jest większy, iak fig. 107 wskazuje, lecz zdaie się bliżej, dla tego że jest powiększony; tém zaś dalej i większy wypada; im przedmiot bliżej ogniska jest położony.

ZALAMANIE NA POWIERZCHNIACH KULISTYCH WKŁĘSLYCH, CZYLI W SOCZEWKACH WKŁĘSLYCH.

212. W soczewkach wkłęsłych, tak iak w zwierciadłach wypukłych, nigdy nie ma prawdziwego obrazu: ich ogniskiem głównym jest punkt, przecięcia się ieo-metrycznych przedłużeń, promieni równoległych, po załamaniu, fig. 108, a przedmiot w nich zawsze wydaie się mniejszy, fig. 109, i tém mniejszy, im się bliżej wydaie. Z tego powodu soczewki te *zmniejszającami*, a wypukłe *powiększającami* nazywają. Ostatnie także zowią się *szklami palącami*.

213. Sposób praktyczny wynajdowania ogniskowej. Ogniskowa w soczewkach wypukłych, praktycznym sposobem znajduje się, wystawiając je na promienie słońca, i z drugiej strony szukając odległości, w której się najmniejsze kółko, czyli obraz słońca maluje. Soczewki wkłęsłe okleiają się papierem, i z każdej strony, w równych od środka odległościach, robią się w nim dwa przeciwległe otwory, dla odkrycia powierzchni szkła. Tak przygotowana soczewka, w izbie ciemnej wystawia się na promienie słońca, wznieca się kurzawa, i w dwóch wiadomych odległościach od soczewki, mierzy się otwartość promieni załamanych. Linie pomierzone rysują się, wraz z soczewką, przedłuża się kierunek promieni, a punkt ich zbiegu będzie *mniemaném* ogniskiem soczewki.

ROZDZIAŁ IV.

ROZKŁAD ŚWIATŁA NA KOŁORY

(CHROMATYKA).

214. Fenomen rozszczepienia światła. Przy nauce o graniastosłupach, zatailiśmy ieden bardzo ważny i piękny fenomen: *ile razy bowiem łamie się światło, tyle razy rozszczepia się na promienie różnokolorowe*, tak iż nigdy załamanie bez takiego rozszczepienia nastąpić nie może. I tak, wpuszcivszy otworem okiennicy cienki wałec światła, i oznaczivszy kółko białe na ścianie przeciwnoległej, fig. 110, gdy na kierunku tego promienia, postavimy graniastosłup, kątem łamiącym w górę; wałec ów nie tylko się złamie, ale nadto zmieni swą postać, i zaiaśnieie w siedmiu następujących kolorach tęczy: w czerwonym, pomarańczowym, żółtym, zielonym, niebieskim, granatowym, i fioletowym, czyli fioletowym. Na ścianie przeciwnoległej zamiast białego kółka, zobaczymy prostokąt, zakończony półkołami,

widmem słonecznem zwany: brzeg górny, to jest, od kąta łamiącego, będzie czerwony,.... dolny czyli od podstawy, fioletowy. Widmo to w kierunku poziomym, czyli równoległym do krawędzi kąta łamiącego, będzie miało szerokość tę samą, jak średnica białego kółka, w kierunku zaś pionowym, czyli prostopadłym do téjże krawędzi, jest rozszerzone, tém bardziej, im kąt łamiący, i stosunek załamania graniastosłupa większy. Z resztą okazuje się, że gdy długość jego od podwójnej szerokości mniejsza, w środku długości jest białe, a tylko po brzegach zafarbowane. Wszystkie te własności widma, graniastosłupem z kątem zmiennym, l. 202, sprawdzić można. Dając mu na przód kąt ten sam, i nalewając go rozmaitemi cieczami, po tém dla iednej i téj samej cieczy, wielkość kąta łamiącego zmieniając, otrzymamy różnej długości widma, zupełnie zafarbowane lub w środku białe. Podzieliwszy całą długość widma, pochodzącego z flintglasu (1), na 360 części równych, *Fraunhofer* otrzymał następujący rozdział jego na kolory: dla koloru czerwonego 56—pomarańczowego 27—żółtego 27—zielonego 46—niebieskiego 48—granatowego 47—fioletowego 109—razem 360.

215. Każde światło sztuczne daje podobne widmo, jak słońce, lecz mniej żywe, w innym stosunku złożone, i czasem w niém brak niektórych kolorów, lecz i słońce nie zawsze siedm kolorów wydaie, bo światło jego rozmaitych doznaje odmian, przebywając naszą atmosferę. Rozmaitość ta pochodzi i od rozmaitej czystości, i od rozmaitej grubości warst, które przebywać muszą promienie słońca. W południe, gdy pogoda, i tarcza słoneczna jest biała; nie brak pospolicie żadnego koloru, lecz

(1) Jest to szkło kryształowe, obfite w olów.

z rana lub na wieczór, lub w czasie mgły, gdy słońce koloru żółtego; nie dostaie granatu zupełnie, a fioletu w części. Gdy się pomarańczowem wydaie; znikają promienie granatowe, fioletowe, i błękitne....

216. Przyczyna rozszerzenia. Przyczyną tego zdarzenia jest rozmaita łamalność promieni światła, iakoż, ponieważ widmo tylko się w kierunku płaszczyzny, prostopadłej do osi graniastosłupa rozszerza, a zawsze promienie czerwone są najbliżej promienia padającego, fioletowe najdalej; okazuje się więc stąd, że pierwsze najmniej, ostatnie najwięcej są złamane, a kolory środkowe, koleją następstwa, pośrednio. Wniosek ten wieloma doświadczeniami udowodnić można. To postrzeżenie naucza jeszcze, że nawet promienie iednokolorowe, nie mają zupełnie téj samej łamalności, każdy bowiem kolor w kierunku pionowym pewną zajmuie przestrzeń, każdego więc promienie rozmaicie zbaczają. I tak, promienie czerwone, na samym brzegu widma, muszą być najmniej łamalne, środkowe bardziej, a najbardziej te, które już do granicy pomarańczowych przypierają. Postrzeżenie to uczy znowu, że światło nie tylko z siedmiu gatunków składa się promieni, lecz z nieskończonej liczby.

217. Własności widma. Według doświadczenia *Fraunhofera*, najmocniejsze światło w widmie słonecznem przypada na granicy koloru pomarańczowego i żółtego: stąd po obu stronach postępując, co raz bardziej słabnie, tak iż na brzegu fioletowym i czerwonym jest najslabsze. W widmie tém podobnież i ciepło nie jest równo rozłożone: doświadczenia okazały, że miejsce temperatury najwyższej jest zmienne, podług natury ciał łamiących: krownnglas np. daje temperaturę najwyższą w samym kolorze czerwonym, kwas siarkowy w pomarańczowym, woda w żółtym, flintglas, zewnątrz czerwonego koloru. Okazuje się

przeto, że łamalność promieni ciepłika, jest inna, niż promieni światła. Rozmaite promienie słoneczne, posiadają także różne własności chemiczne, niektórzy nawet Fizycy w widmie słonecznym i własności magnetyczne upatrzyl, lecz własność pierwsza mało jeszcze znana, druga wątpliwa.

218. Promienie widma słonecznego są pojedyncze. Te prawdę następującem doświadczeniem okazać można: bierze się iakakolwiek zasłona, np. tektura, z otworem tak szczupłym, ażeby się w niego tylko jeden kolor widma mógł zmieścić: przez ten otwór przepuszcza się jeden kolor widma, a w tyle tektury, na kierunku tego promienia, trzyma się, jeden, dwa,.... lub więcej jeden za drugim graniastosłupów. Jakakolwiek będzie liczba graniastosłupów, przez które promień ten przechodzi; kolor zawsze jeden zostanie, chociaż nowym załamaniem ulegać będzie. Co większa, wszelkie ciała, iakiegokolwiek w świetle białem są koloru, w promieniach widma, taki zawsze mają kolor, co promień, który je oświeca. Czy ciało jest żółte, czerwone, czy zielone,....; w promieniu fioletowym, fioletowego będzie koloru. Podobnie, gdy promień pojedynczy przez ciała przezroczyste przechodzi, po wyjściu jest zawsze tego samego koloru. I tak, promień zielony, jeżeli przejdzie przez ciało czerwone, pomarańczowe, granatowe, i t. d. po przejściu, zielonym byż nie przestaje. Stąd wypada, że kolor ciał, iedynie od koloru światła pochodzi.

219. Kolor biały, i wszystkie inne są złożone, i składają się z kolorów widma. Wpuściwszy do izby ciemnej promień światła, i na kierunku jego, iak fig. 111 wskazuje, postawiwszy dwa graniastosłupy, z tego samego szkła, z równymi kątami łamiącemi, lecz podstawami naprzeciw; promień, po przejściu przez oba graniastosłupy, będzie

biały, chociaż pomiędzy graniastosłupami kolory widma widziane będą: o ile się bowiem każdy promień w iednym graniastosłupie załamie, o tyle się w drugim odłamie, tak iż po wyjściu promień biały, do padającego równoległy będzie. Doświadczenie to bardzo łatwo się wykonywa, biorąc naczynie szklane z dnem kwadratowem, na dwie komory w kierunku przekątnej podzielone: nalawszy w iedną wody; otrzymamy widmo słoneczne, nalawszy po tém w drugą; widmo zniknie.

Trzymając soczewkę zgromadzającą, na kierunku promieni rozszepionych; ognisko sprzężone będzie białe: podobne otrzymamy ognisko, puszczaąc światło rozszepione, na zwierciadło kuliste wklęsłe. Można także za pomocą siedmiu zwierciadeł płaskich, skierować wszystkie promienie widma w punkt jeden, do czego służy umyślny aparacik, lecz doświadczenie to, nie jest tak do wykonania łatwe. Na ostattek, wzięwszy proszków siedmiorakiego koloru, ile możliwości do kolorów widma zbliżonych, i w tym stosunku, zmieszawszy, iak się w témże widmie znajdują, otrzymamy kolor biały: w innych stosunkach i w inną liczbę proszki te mieszając, rozmaite wypadną kolory.

Młynek Optyczny do tego samego także służy użytku. Jest to mechanizm, za pomocą którego bardzo szybki bieg wirowy sprawić można. Zakładając w nim tekturowe kółka, których wycinki, rozmaitemi co do liczby, koloru, i stosunku są pomalowane farbami, i wprawiając je w prędkie obroty; rozmaite z ich mieszany dla oka wynikną kolory. Jeżeli kółko na siedm wycinków podzielone będzie, w tym stosunku, iak się widmo słońca pomiędzy swe promienie różnokolorowe rozdziela, i jeżeli każdy z tych wycinków, odpowiadającym kolorem widma pociągnięty będzie; za obrotem powstanie kolor biały, nigdy iednak w tym, iak i w poprzedzającym przypadku, ko-

Kolor biały nie będzie czysty, wszystkie bowiem kolory, tak sztuczne jak naturalne nie są pojedyncze, lecz złożone, patrząc albowiem przez graniastosłup, na ciała, zawsze je w kolorach tęczy widzimy.

Którymkolwiek z wyliczonych sposobów, mieszając ze sobą kolory widma; okazuje się, że — *1od*, kolory sąsiednie, dają odcień taki, jaki się pomiędzy nimi w widmie znajduje. — *2re*, dwa kolory, przedzielone jednym, tworzą kolor, między nimi środkujący: czerwony z żółtym daje pomarańczowy, pomarańczowy z zielonym żółty... a fiolet z czerwonym daje purpurę. — *3cie*, dwa kolory przedzielone dwoma, dają jeden z odcieniów, między nimi znajdujących się, lecz pobielony.

220. Dla czego równoległościanny nie rozkładają światła. Pod l. 214 powiedzieliśmy, że światło tyle razy rozszczepia się na kolory, ile razy się łamie, łamie się zaś tyle razy, ile razy ukośnie z jednego środka do drugiego przechodzi, nie widzimy tym czasem, ażeby się, przebywając szyby, lub t. p. równoległościanny, na kolory rozszczepiało. Tak też być winno: o ile bowiem ich płaszczyzna padania, bardziej łamie jedne promienie niż drugie; o tyle płaszczyzna wyjścia mocniej odłamuje pierwsze, niż drugie: wszystkie więc promienie kolorowe po wyjściu, i między sobą, i do promienia padającego muszą być równoległe, a wszystkie na siebie zachodzące, mieszają się z sobą, i tworzą kolor taki, z jakiego powstały. Aby zdarzenie to pojąć, dosyć jest rzucić okiem na fig. 111. Przypatrzwszy się bliżej tym graniastosłupom, okazuje się, że tworzą sześciąt, w którym płaszczyzna padania, jest równoległa do płaszczyzny wyjścia, i dla tego to graniastosłupy to przepuszczają przez siebie światło białe.

221. W graniastosłupach widziane przedmioty, na dwóch brzegach przeciwle-

głych, są kolorowe. Gdy punkt świecący *s*, fig. 112, rzuca promień światła *si*, na graniastosłup *bac*, promień ten złamawszy się dwa razy, wyjdzie na drugą stronę, rozszczepiony w wiązkę *oriqf*. Oko w punkcie *o* umieszczone, z wiązki tej odbierze tylko promień czerwony *or*, lecz inny promień padający *sn*, podobnemu uległszy rozszczepieniu, dosłać może promień fioletowy *otn* do oka, promienie zaś padające między *si*, *sn*, dosłać promienie kolorów środkowych. Tym sposobem punkt *s* będzie siedm razy, w siedmiu kolorach widziany, lecz zawsze tak, że punkt fioletowy *f*, jako pochodzący od promienia fioletowego, będzie się wydawał najwyżej, to jest, w tej stronie, w której się kął łamiący znajduje, czerwony *e* najniżej, czyli od podstawy graniastosłupa. Słowem, kolory punktu świecącego, będą szły zupełnie w odwrotnym porządku, jak kolory widma. Ponieważ ciała, są zbiorem punktów świecących; każdy więc ich punkt, wyższy i niższy od punktu *s*, tak się wydać w siedmiu kolorach, jak punkt *s*, lecz kolory te w samym środku długości, tak jak widmo, l. 214, gdy jego długość od podwójnej szerokości mniejsza, w zupełnej liczbie zmieszane, wydają kolor biały: tylko brzeg dolny i górny, kolorami tęczowemi jest zafarbowany, bo tam tylko wszystkich kolorów widma brakuje. Na samym więc dole wypada kolor czerwony, na górze fiolet, a po tych następuje pewna liczba różnokolorowych pasków, stosownie do tego, jak sześciu, pięciu, czterech, trzech, ... kolorów widma brakuje. Brzegi ciała, prostopadle do osi graniastosłupa, zostają w kolorze naturalnym, bo załamanie, a za tem i rozszczepienie światła, następuje tylko w kierunku prostopadłym do tejże osi. Z tego powodu

1od. Gdy na papierze czarnym, pociągniemy linią prostą, bardzo cienką, w połowie swjej długości fioletową, a w połowie czerwoną, i gdy na nią patrzeć

będziemy przez graniastosłup, którego oś do tej linii jest równoległa; linia ta przerwie się w tym punkcie, gdzie się kolory z sobą stykają, część czerwona będzie widziana od podstawy, a fioletowa od strony kąta łamiącego, i obie te linie będą od siebie równoległe.

2re. Jeżeli farbę czerwoną, z fioletową zmieszamy, i mieszaniną tą na papierze czarnym, pociągniemy linią prostą, i patrzeć na nią będziemy, tak iak w pierwszym razie; z linii tej otrzymamy dwie linie równoległe, tej samej długości, fioletową i czerwoną, pierwsza zawsze od kąta łamiącego, druga u podstawy będzie widziana.

3cie. Linia biała na papierze czarnym, tym samym sposobem widziana, ponieważ się grubością swoją zbliża do punktu; daie siedm linii w kolorach widma, fioletową najbliżej kąta łamiącego, czerwoną najbliżej podstawy.

4te. Tasiemka lub wstęga biała szeroka na papierze czarnym, po brzegach tylko wydaie się zafarbowana: brzeg od kąta łamiącego jest fioletowy, od podstawy czerwony, a środek biały, gdyż tu promienie pośrednie składają się na powrót. Pod wstęgą fioletową, leży granat i błękit, a nad czerwoną, pomarańczowy, i żółty.

5te. Taśma czarna, na papierze białym, okazuje się także zafarbowana po brzegach, lecz brzeg od kąta łamiącego jest żółty, po tém pomarańczowy, i czerwony: brzeg od podstawy, jest fioletowy, po tém granatowy, i niebieski: środek tylko jest czarny. Ta pozorną sprzeczność bardzo łatwo się pojmuie, bacząc, że tu kolory nie od taśmy, lecz od brzegów tła białego pochodzą.

222. Soczewki dają obrazy z obwódkami tęczowymi. Ponieważ soczewki są graniastosłupami, światło więc, przechodząc przez nie, na ko-

lory rozszczepiać się musi. Jakoż fig. 113, niech będzie soczewka wypukła bd : promienie padające ab , ed , równo odległe i równo oddalone od osi soczewki, rozszczepiają się tak, iż promienie fioletowe bg , dh , z nich pochodzące, iako najlamliwsze, przetną się z sobą w punkcie f , czerwone zaś bq , dp , iako najmniej lamalne, skrzyżują się ze sobą w punkcie c : promienie kolorów pośrednich, przetną oś między f i c . Z tego powodu ostrokąg światła załamanego, opierający się na soczewce, kolorem czerwonym, drugi zaś fioletem jest zawsze pokryty, o czém przekonać się można za pomocą zasłony, wyobrażonej na fig. 114. Są to dwa kółka tekturowe, spółśrodkowe, trzema tylko wązkimi paskami z sobą połączone. Trzymając je w stosowném miejscu, w ostrokręgu przyległym soczewce, na ścianie otrzymamy kółko czerwone, a z ostrokręgu dalszego, kółko fioletowe będzie.

Doświadczenie to wskazuje, że obrazy mniemane soczewek wypukłych, kolorami tęczowymi obwiedzione bywają, i że na samym brzegu przedmiotu, kolor fioletowy znajdować się musi, bo kąty łamiące w tych soczewkach, są do obwodu obrócone. Środek przedmiotu bywa czysty, bo kolor czerwony, i iemu przyległe, które u podstawy graniastosłupów powstają, mieszają się tu z innymi kolorami widma. W soczewkach wklęsłych dzieie się przeciwnie, to jest, obwódka przedmiotu widzianego jest czerwona, bo w soczewkach tych graniastosłupy są do obwodu podstawami obrócone. Własność tę soczewek, że przedstawiają przedmioty, obwiedzione kolorami tęczowymi, wadą łamalnności przewano.

223. Soczewki achromatyczne. Ponieważ rozszczepianie światła od załamania pochodzi, zdawałoby się przeto, że im załamanie większe; tém też i rozszczepienie większe być musi. Tak też jest,

w iednym i témże samém cieie: im albowiem kąt załamania większy; tém i wiązka rozszczepionego światła szersza. Inaczéj dzieie się z ciałami różnorodnemi: graniastosłupy z rozmaitych ciał, mające ten sam kąt łamiący, mogą mieć siłę łamiącą równą, a siłę rozszczepiającą różną, co większa, ciało słabiej łamiące, może bardziej rozszczepiać. I tak, flintglas i krownglas (1), mają prawie równą siłę łamiącą, a siła rozszczepiająca pierwszego, tak się ma do siły rozszczepiającej drugiego, jak 3:2. Stąd okazuje się, że gdyby na fig. 111, graniastosłup *a* był z krownglasu, *b* z flintglasu; wiązkę światła kolorowego, sprowadzilibyśmy z swéj drogi, tak iżby iéj oś, do promienia padającego równoległą była, siły bowiem i kąty łamiące obudwu graniastosłupów są jednakowe, lecz wiązka ta nie miałaby koloru zupełnie białego, gdyżby się nie składała z promieni równoległych. Ponieważ bowiem siła rozszczepiająca graniastosłupa flintglasowego jest mocniejsza, niż krownglasowego; graniastosłup pierwszy, nie tylko naprowadzi promienie na swą drogę, lecz ie, iż tak rzec można, za tę granicę przerzuci, a że różne promienie rozmaicie przerzuca; na nowo ie więc pomięsza.

Rozszczepienie, iakéśmy już powiedzieli, w tém samém cieie idzie w stosunku załamania, a załamanie w tym samym graniastosłupie jest proporcjonalne do kąta łamiącego: ile razy zatem kąt łamiący tego samego graniastosłupa zmniejszymy; tyle razy władza iego łamiąca i rozszczepiająca będzie mniejsza. Jeżeli więc graniastosłupowi flintglasowemu, tyle razy kąt łamiący zmniejszymy, ile razy siła iego rozpraszająca większa; graniastosłup ten tak rozszczepiać będzie, jak flintglasowy, a mniej zała-

(1) Jestto szkło, do czeskiego podobne, lecz mniej obciążające w potaż.

mywać od niego. Jakoż, gdy graniastosłupowi *b* damy kąt łamiący jak 2, a krownglasowemu, jak 3; wiązka się nie odłamie zupełnie, lecz będzie biała.

Ponieważ soczewki są graniastosłupami; wszystko to więc, cośmy dopiero powiedzieli, i do nich się stosuje. Składając przeto soczewkę flintglasową wklęsłą, większego promienia kulistości, a za tém słabiej rozszczepiającą, z soczewkami krownglasowymi krutszego promienia, a za tém zgromadzaącemi bardziej; dokazać tego można, że przez nie widziane przedmioty, okażą się bez obwódok tęczyowych. Fig. 115 przedstawia skład takowych soczewek: środkowa jest z flintglasu, wszystkie cztery powierzchnie wewnętrzne są tego samego promienia, a obie zewnętrzne większego, skąd wypada, że flintglasowa ma wklęsłość mniejszą, niż krownglasowe wypukłość. Soczewki w ten sposób złożone, *achromatycznemi* się zowią, i używają się zawsze do instrumentów optycznych, skoro tylko zbytnia ich drobnosć nie staie temu na przeszkodzie.

ROZDZIAŁ V.

INNE FENOMENA ŚWIATŁA.

ROZŁAMYWANIE CZYLI ZAŁAMANIE PODWÓJNE.

224. Niektóre ciała promień załamany rozdzielaia na dwie części. Z liczby téj są kryształy *spatu islandzkiego*, które bywają doskonale przezroczyste, i formą ich pierwotną jest kostka ukośna. Dlatego, patrząc przez takowy kryształ, na iaki przedmiot cienki, na szpilkę dobrze oświeconą *np.* widać ią podwójnie, a obracając go znowu statecznie koło osi *np.* pozioméj; ieden z rozdwoionych przedmiotów, koło drugiego chodzić będzie, tak iż w całym obrocie, ieden z drugim, i z okiem naszym, dwa razy na iednej będzie linii. Gdyby przedmiot miał pewną

grubość; na ten czas rozdwojenia widziećbyśmy nie mogli zupełnie, lecz tylko wymiar ten znacznieby się powiększony wydawał.

Położywszy kryształ ten na papierze białym, na którym znajduje się czarna kropka, i obracając go koło osi pionowej; widzielibyśmy podobnież dwie kropki. Jedna koło drugiej opisywałyby koło. Gdy to samo doświadczenie robimy z linią prostą, co z kropką; we wszelkiem położeniu kryształu, dwie linie równoległe widzimy, które najbardziej od siebie są oddalone w ten czas, gdy przecięcie główne z tąż linią czyni kąt prosty. Obiedwie te linie schodzą się z sobą w iedną, gdy linia znajduje się na płaszczyźnie przecięcia głównego.

Doświadczenia te należyście wskazują, że promień przechodzący przez spat Islandski, na dwie rozdziela się części, lecz się o tём jeszcze dokładniej przekonać można, puszczając promień światła do ciemnej izby, przez kryształ pomieniony. Na przeciwległym ścianie, zamiast iednego, będzie dwa kółka.

POLARYZACJA ŚWIATEŁA.

225. Położywszy kryształ spatu islandskiego na papierze białym, na którym umyślnie zrobiono punkt czarny, a na kryształ tym położywszy znowu kryształ drugi, tak ażeby obadwa tworzyły kryształ ieden; zobaczymy tylko dwa obrazy, tak iak przez ieden kryształ, lecz obracając zwolna kryształ górny, koło osi pionowej, zobaczymy drugie dwa obrazy, które z początku będą bardzo niewyraźne, w miarę dopiero postępowania obrotu, wzmacniać się a za to obrazy pierwotne słabieć będą, tak iż gdy przecięcia ze sobą czynią kąt prosty; obrazy dawne zupełnie znikną, a nowe z całą zaiśniewą mocą. W następującej ćwierci obrotu, znowu się dawne obrazy ukażą, co raz bardziej wzmacniać się, a no-

we osłabiać się będą: po skończonej drugiej ćwierci obrotu, czyli gdy się przecięcia główne powtórnie z sobą na iednej płaszczyźnie spotkają; nowe obrazy znikną, a dawne zaiśniewą najmocniej. W drugiej połowie obrotu, toż samo się, co w pierwszej powtórzy. Zdarzenia te nie tylko się okazują w ten czas, gdy kryształy na sobie leżą, lecz gdy od siebie są oddalone, i nie tylko służą spatowi islandskiemu, lecz wszystkim ciałom, podwójnie łamiącym, a co większa, oba kryształy, przez które patrzymy, nie potrzebują być iednej, lecz mogą być różnej natury. Z tych doświadczeń okazuje się, że gdy przecięcia główne kryształów, są do siebie równoległe lub prostopadłe; żaden promień rozłamany w kryształ pierwszym, nie ulega nowemu rozdwojeniu w drugim, — że powtórnemu rozłamaniu tylko ulegają w ten czas, gdy przecięcia czynią z sobą kąt, pomiędzy zerem a 90 stopniami zawarty. Światło pod pewnym kątem od rozmaitych ciał odbite, taką samą posiada własność, co rozłamane promienie. I tak, promienie odbite od szkła, pod kątem $35^{\circ} 15'$ gdy przebywają kryształ spatu islandskiego, którego przecięcie jest równoległe, lub prostopadłe do płaszczyzny odbicia, czyli do téj płaszczyzny, na której się promień padający z odbitym znajduje; żadnemu nie ulegają dwojeniu. W każdym innym razie rozdwojenie następuje, tak iż z kryształu dwa promienie wychodzą, lubo na niego ieden tylko pada, fig. 116.

UGINANIE SIĘ ŚWIATEŁA (Dyfrakcyja, Infleksya).

226. Tým imieniem oznaczamy fenomen, który przedstawia światło w ten czas, gdy blisko ciał przechodzi. Chcąc zdarzenie to obserwować wygodnie, trzeba do izby ciemnej wpuścić promień światła, otworem bardzo szczupłym, takim np. iaki od zakłócia szpilką pochodzi. Warunek ten dla tego jest

potrzebny, ażeby przyćienienia uniknąć, l. 162, dla tego też lepiej jest jeszcze, w zwyczajnym otworze okienicy, osadzić soczewkę wypukłą, z bardzo krótką ogniskową, ażeby przez to w ciemności, tém pewniej jeden punkt świecący z iej ogniska otrzymać. Jednego lub drugiego sposobu oświecenia używszy, jeżeli w otrzymanym stąd ostrokręgu światła, iakiekolwiek ciało trzymać będziemy; cień jego nigdy nie będzie się raptownie od światła odrzynał, iak tego rysunek fig. 58 wymaga, lecz zawsze otoczony będzie obręczkami tężowemi, poprzedzielanemi ciemnością, których szerokość, w miarę odległości od cienia, co raz jest mniejsza.

Zamiast światła białego, pojedynczego używszy; obwódki będą tego samego koloru, co światło, z tą tylko różnicą, że z łamalnością światła, średnica i szerokość obwódek zmienia się, tak iż średnica i szerokość czerwonych jest największa, fioletowych najmniejsza, a kolorów środkowych, koleją następstwa, pośrednia. Okoliczność ta iasno tłumaczy, dla czego światło białe daie obwódki kolorowe. Gdy zamiast punktu świecącego, jest bryła światła; na ten czas prążki kolorowe, od rozmaitych punktów bryły świecącej pochodzące, iedne z drugimi się mieszają, i dają przycień.

Zamiast ciała ciemnego, w ostrokręgu światła białego, trzymając iakie ciało z szczupłym otworem, np. papier cynowy lub ołowiany, szpilką zakłuty; w pewnej odległości, przez lupę będzie można widzieć obraz otworu, to jest, kółko białe, z kolorowemi obwódkami, zbliżając zaś soczewkę do otworu: kółko białe zmniejsza się, obwódki co raz bardziej się ściśniają, i kółko co raz innemi farbami się napelnia. Używszy stosownego aparatu, w którym szparę prostokątną, rozmaitej szerokości robić można, gdy szerokość iej jest znaczna, gdy np. pół cala wynosi;

też obraz jest także prostokątny, i tylko ślad okazuje prążek, lecz ściiskając szparę; obraz rozszerza się, i brzegi jego dłuższe, dostają prążek wyraźnych, które się co raz bardziej wzmacniają, i oddalają od siebie. Rozszerzając zaś szparę; prążki skupiają się do pewnej granicy, po czém w iednej mierze zostają, pomimo ciągłego rozszerzania szpary, co wskazuje, że ieden brzeg także prążki wydawać może.

Z tych doświadczeń wypada: 1^{od}, że promienie światła, ocierające się o powierzchnię ciała, zbaczają z swjej drogi — 2^{re}, że pewna część zbacza zewnątrz, a pewna wewnątrz cienia — 3^{cie}, że zboczenie to dla rozmaitych promieni jest rozmaite — 4^{te}, że promienie zwichnięte w strony przeciwne, wzajemnie na siebie działają — 5^{te}, że zdarzenia te nie zależą bynajmniej od natury i gęstości ciała.

OBRĄCZKI NEWTONA

227. Położywszy soczewkę wypukłą, wielkiego promienia kulistości, na szkle płaskim, i przycisnąwszy ją mocno; patrząc z góry, w samym środku, czyli w punkcie zetknięcia, zobaczymy plamę czarną, a patrząc z dołu, plamę białą. Plamy te są otoczone kołami tężowemi, współśrodkowemi, ale tak, że kolory dolne, z odpowiadającemi sobie na górze, tworzą zawsze światło białe. Przyczyną tego jest cieniuchna warstewka powietrza, środkująca pomiędzy szklami, która promienie iednych kolorów odbija, drugich przepuszcza, stosownie do swjej grubości. Ten sam następuje skutek, gdy między szklami, jest ciecz lub iakie ciało, słowem, wszystkie ciała, skoro tylko do pewnej cienkości doprowadzone będą, rozkładają światło na kolory. Przykładem tego są bańki mydlane, cienkie blaszki miki, gipsu, ... Nieprzeźroczystość ciał nawet nie staie temu na przeszkodzie. Jakoż, kolory tężowe postrzegamy na szybach starych, zupełnie prawie

nieprzeźroczystych, na żelazie, surowcu i stali, na których z czasem tworzą się cieniuchne warstewki ciał różnorodnych. Pióra ptaków i łuska motylów temi samemi iasnieie kolorami.

ROZDZIAŁ VI.

INSTRUMENTA OPTYCZNE,

OKO.

228. Wyiawszy oko ludzkie z swęj posady, i po-
obcinawszy z niego dodatkowe części zewnętrzne;
okaże się prawie w postaci kuli, a przeciąwszy go
płaszczyzną pionową, z przodu na tył idącą; przed-
stawi się w kształcie, iaki okazuje fig. 117, gdzie
abc, odcinek kuli, blisko cał średnicy mający, jest
nieprzeźroczysty, i stanowi *białko* oka, — *adc* odcie-
nek przeźroczysty, blisko $\frac{2}{3}$ cał średnicy, składa
przednią część oka, i zowie się *bloną przeźroczystą*
— *ac* *tęcza*, która nadaie oczom kolor: jest to płata-
nina drobnych muszkułów, mająca postać koła, iedną
płaszczyzną na przód obrócona, a obwodem swym
przytwierdzona tam, gdzie się oba odcinki z sobą
zrastaia: przeznaczeniem ięj jest, nie dopuszczać pro-
mieni do oka, ktoreby zbyt odlegle od osi soczewki
ocznęj padały — *o*, otwór kołowy w środku *tęczy*, od
półtoręj do pół czwartęj linii średnicy mający, który
w każdym oku wydaie się czarnym, i nosi nazwisko
żrenicy — *nm* *soczewka* przeźroczysta, której pro-
mień kulistości, tylny $2\frac{1}{2}$ do 3, a przedni $3\frac{1}{2}$ do 5 li-
nij wynosi: ognisko ięj za tém blisko na 4 linii jest
odległe. Zawarta ona jest w woreczku z błony deli-
katnéj, która podobnie iak *tęcza*, obwodem swym jest
przytwierdzona do białka, tak iż całą przestrzeń oka,
dzieli na dwie komory. W przednięj komorze znaj-
dnie się ciecz *wodnista* przeźroczysta, w tylnęj jest
podobnież ciało przeźroczyste, lecz galaretowate, i
dla tego płynem *szklistym* nazwano. Płyn szklisty

nie wypełnia bezpośrednio błony białęj, lecz jest ob-
winięty drugą błoną nieprzeźroczystą, która nosi
nazwisko *choroidy*: téj znówu powierzchnia wewnę-
trzna jest wysłana błoną przeźroczystą albo raczęj
siatką, uplecioną z nerwów, których końce, osobno
z każdęj połowy oka, z sobą zrosłe, wychodzą otwo-
rem *b*, a złączywszy się z odpowiadającemi sobie
odnogami, fig. 118, toną w muzu.

Widzenie przedmiotów odbywa się w sposób nastę-
pujący. Wystawmy sobie punkt świecący przed okiem:
punkt ten rzuca na oko pewnéj grubości bryłę świa-
tła, lecz ponieważ białko jest nieprzeźroczyste; z ca-
lęj téj bryły, wejdzie tylko do oka ostrokrag, któ-
rego wierzchołek w punkcie świecącym, a podstawą
koło *tęczy*: z tego znówu ostrokręgu światła, głębięj
w oko dostanie się tylko ostrokrag, którego podsta-
wą *żrenica*, reszta zaś odbiie się od *tęczy*, czyniąc
iä dla nas widzialną. Ostrokrag ten lamie się na
przód w cieczy wodnistęj, po tém w soczewce, a na
ostatek w cieczy szklistęj: wiedzieć iednak potrzeba,
że ciecz ostatnia posiada średnią między tamtymi cia-
łami lamalność. Ponieważ promień większy kulisto-
ści soczewki, nigdy 5 linii nie przechodzi, my zaś
przedmioty najbliżej w odległości 10 cali od oka,
a za tém na przedłużeniu ogniskowęj soczewki trzy-
mamy; ognisko więc sprzężone punktu świecącego
jest tu rzeczywiste, i przypada z drugięj strony so-
czewki, na siatce nerwowęj, gdyż inaczęj nie mo-
globy sprawić czucia punktu świecącego: a za tém
obrazy przedmiotów w oku naszém, przewrócone ma-
lować się muszą.

Dla czego przedmioty widzimy pro-
sto, choć nam się w oku przewrócone
malują. Okoliczność ta tłumaczy się w ten spo-
sób, że oko czuie miejsce pobytu źródła, z którego
światło wychodzi. I tak, wystawiwszy sobie przedmiot,

stoiący prosto przed nami; podług Newtona, punkt dolny tego przedmiotu, wrzuca do oka cząstki światła z dołu do góry ukośnie, w tym samym więc kierunku, uderzenia błony nerwowej następują, a iako z kierunku uderzenia, bez pomocy oka poznaemy miejsce, z którego siła pochodzi; tak też czuć musimy miejsce, z którego promieniowanie światła. Gdy zamrużymy oczy, i gdy osoba na prawo przed nami stojąca, szturka nas zukosa w piersi; czujemy, że osoba znajduje się względem nas na prawo, choć o tém skądinąd nie wiemy. Tym także sposobem poznaemy, że punkt światły znajduje się na dole, gdy uderzenia cząstek światła z dołu do góry następują. Lecz jeżeli pomieniona osoba stać będzie za nami; a kiem zakrzywionym w kształcie haka, będzie nas szturkać w piersi; na ten czas mylić się będziemy w sądzeniu, o miejscu pobytu uderzającej osoby: zdawać nam się bowiem będzie, że osoba jest z przodu, bo uderzenie z przodu pochodzi, gdy tym czasem za nami się znajduje. W takim samym zupełnie i oko znajduje się błędnie, ile razy światło nie w linii prostej, od przedmiotu do oka przychodzi, lecz po łamaniej iak w zwierciadłach i soczewkach, lub po krzywej, iak w atmosferze. Podług Descarta, tym samym sposobem rzecz się pojmuje, tylko zamiast wyrazu uderzenie cząstek światła, trzeba podstawić drganie eteru. Skąd czujemy pochodzące drganie; tam mieścimy punkt świecący.

Dla czego dwoma oczami ieden tylko widzimy przedmiot: bo się zawsze obadwa obrazy na iednym nerwie malują. Spojrzawszy bowiem na fig. 118, zobaczymy, że z mazu dwa wychodzą nerwy. Każdy z nich dzieli się na dwie odnogi, a lubo każda odnoga iednego, idzie do innego oka; odnogi iednak do iednego nerwu należące, wysięlaiają też same połówki oczów, to jest, iednego nerwu odnogi,

wysięlaiają połówki oczów prawe, a lewe drugiego. Gdy się więc przedmiot w iednym oku maluje na połowie prawej, w drugim także na prawej powstawać musi, a ponieważ obie prawe połówki siatek, w ieden się nerw zlewaią; iedno więc rodzi się uczucie. Jeżeli zaś obraz w części tworzy się na iednej, a w części na drugiej połowie oka; na ten czas połówki prawe, sprawiają pojedyncze uczucie iednej części przedmiotu, a lewe części drugiej. Do téj iednak pojedynczości przedmiotów potrzeba, żeby się obrazy nie tylko na tych samych co do imienia połówkach, lecz na zupełnie sobie odpowiadających malowały miejscach: dla tego to, gdy podważymy palcem iedno oko; widzimy przedmioty podwójne, a podważywszy i drugie iednako; znowu iak zwyczajnie widzimy. Takowy skład tłumaczy to osobliwe zdarzenie, którego doświadczał *Wollaston*, że ehcąc czytać książkę; widział tylko same końcówki wyrazów, a żadnego początku dojrzeć nie mógł: z całego np. wyrazu *Newton*, mógł tylko wyczytać *ton*. Widać, że u niego ten nerw stracił uczucie, który lewe połówki oczów wysięla.

Z tego, co wiemy o tworzeniu się obrazów rzeczywistych w soczewkach, okazuje się, że oko nie daie nam poznać kształtu, wielkości, odległości, ani kierunku biegu przedmiotów. Nie daie nam poznać kształtu, bo na dnie oka wszystko maluje się w przecięciu, a za tém płasko, możemy więc tylko czuć obwód przedmiotu, leżący na płaszczyźnie, prostopadłej do osi soczewki ocznej, czyli do *osi optycznej*. Nie poznaemy wielkości, bo ciała znajdując się zawsze w takim od oka oddaleniu, że ich obrazy statecznie w ognisku główném soczewki ocznej spadają, zawsze więc bardzo małe, i zawsze iednej wielkości prawie malować się muszą. Dla téjże samej przyczyny nie poznaemy ani odległości, ani ru-

chu ciała, bo zmiana w odległości i ruchu przedmiotu, leżącego na przedłużeniu ogniskowej, tak małą sprawia zmianę, w odległości i ruchach obrazu, że ją za nic poczytać można. I tak też być winno, gdyż inaczej obrazy nie mogłyby się zawsze na dnie oka malować, a przez to nie moglibyśmy w każdej odległości widzieć.

Jakimże więc sposobem poznamy kształt, wielkość, odległość, i ruchy przedmiotów? oto: wszystkiego tego uczymy się od samych pierwiastków naszej młodości, tak iak pisać, czytać,... Uczymy się poznawać kształtu, z rozmaitego stopnia światła, w rozmaitych punktach powierzchni ciała: przy pomocy zmysłu dotykania nabywamy tej pewności, że miejsca mocniej oświecone, są wypukłe, a ciemniejsze wklęsłe. O wielkości, odległości, i ruchu, sądzimy tylko przez porównanie z kształtem, wielkością, odległością, i ruchem znanym: dla tego to, ile razy na tym porównaniu zbywa; oko w błąd nas wprowadza, a błąd ten nazywa się *złudzeniem optycznym*.

Do złudzeń optycznych należą zdarzenia następujące: że w dalekiej odległości nie poznamy, czy ciało jest w spoczynku, czy w ruchu, gdy biegnie po linii prostej, przez swoje i nasze stanowisko przechodząc — że nie rozróżniamy zdala, czy ciało postępuje ku nam, lub czy się od nas oddala, choć jesteśmy uprzedzeni, że się porusza — że gdy ciało biega po kole, na którego płaszczyźnie leży oś naszego oka, zdaie nam się, że wciąż biega w tył i na przód, po linii prostej — że ulice, aleje, i drogi proste a długie, im dalej, tym węższe być się wydają — firmament zdaie się być nad głowami naszymi spleciony — że słońce rano i wieczór jest większe i odleglejsze, niż w południe. Obrazy mniemane są także tego rodzaju złudzeniem.

Że nas oko nie o kształcie, odległości, i wielkości nie wie, rzecz tę najlepiej stwierdzaia ciemni, którym w późnym wieku kataraktę zdjęto. Ludzie ci w pierwszej chwili odzyskania wzroku, odpychali każdego od siebie, sądząc że im wszystko leży na oczach: mniemali, że palec, który im budowę zasłania, jest tak wielki, iak cała budowa, a w dotykaniu, nie mogli rozróżnić rzeczy okrągłych, od kąciastych. Po kilku miesiącach dopiero przekonali się, że malowidła nie tylko wystawiaia same płaszczyzny, lecz i bryły, a gdy się ich dotykali rękoma; dziwili się, że tam wszystko jest płaskie, i pytali się, co ich w błąd wprowadza, czy ręce, czy oko. Przez ciągłe więc tylko powtarzanie, do takiej przychodzimy biegłości w sądach naszych, zależących od oka, że ta zdaie nam się być wrodzonym przymiotem, lecz ci, którymby się jeszcze, po przytoczeniu powyższych dowodów, zdawało, że wielkość, kształt, i odległość samym okiem oceniać umieia; niech rozwiążą pytania następujące: dla czego słońce, i księżyc, wydają się kulami, choć są kulami — czemu księżyc wydaie się równy słońcu, choć pierwszy jest 60 razy mniejszy od ziemi, a ziemia półtora miliona razy mniejsza od słońca — czy niebo jest rzeczywiście kuliste — czy gwiazdy znajdują się w równej odległości od ziemi — czy większe, są rzeczywiście większe, lub czy mniejsze są w odległości większej — które są większe, a które mniejsze — które dalej, a które bliżej — czemu nie czuiemy ani biegu dziennego ani rocznego ziemi — czemu cała kula niebieska codziennie kręci się od wschodu na zachód....

O KULARY.

229. Największa liczba ludzi ten sam przedmiot, w tej samej trzyma od oka odległości, by go wyraźnie widzieć mogła. I tak, chcąc wygodnie czytać druk średniej wielkości, trzymamy go zwyczajnie na 8 do

10 cali, a odległość ta zowie się *zwyczajną*. Niektóre jednak osoby, nieporównanie bliżej lub dalej od siebie książkę trzymać muszą, by czytać mogły, a w odległości 10 cali, nie rozeznają liter: iedni zowią się *krótko*, a drudzy *dalekowidze*. Pomnąc na to, że obraz rzeczywisty w soczewkach wypukłych, zawsze w tym samym, co przedmiot, postępuje kierunku; wyrozumieć łatwo, że krótkowidze dla tego w zwyczajnej odległości należycie widzieć nie mogą, iż u nich w ten czas obraz malnie się wewnątrz oka, przed siatką nerwową, która jest narzędziem widzenia, a u dalekowidzów za tą siatką, wewnątrz głowy: pierwsi bowiem gdy ze zwyczajnej odległości widzenia, przybliżą przedmiot do oka, a drudzy gdy go od siebie oddalą; dokładnie widzą. Ażeby więc iak iedni tak drudzy, w zwyczajnej odległości, dobrze widzieć mogli, czyli żeby im z téj odległości przedmiotu, obraz na siatce nerwowej przypadał; potrzeba sprawić, ażeby z téj odległości, z każdego punktu przedmiotu, wychodził ostrokrąg promieni tak zsiadły, iak z właściwej dla każdego z nich odległości wychodzi. Dla krótkowidzów za tém trzeba go rozszerzyć, dla dalekowidzów wysmuklejszym uczynić: pierwszym więc wklęsłą, drugim trzeba dać soczewkę wypukłą przed oczy.

Okulary krótkowidzów. Fig. 119, niech *ak* oznacza dno oka, *i* soczewkę iego, *as* oś, *ki* odległość krótkiego wzroku, *zi* odległość zwyczajnego widzenia. Gdy nie ma szkła *nm*, na ten czas krótkowidz z punktu *k* rozeznaje dobrze, bo promień *ks* idący w kierunku osi soczewki ocznej, z promieniem iakimkolwiek *ko*, lub *kr*, dokładnie się na siatce nerwowej w punkcie *s* przecina. Jeżeli więc odsuniemy punkt *k* do *z*, czyli do odległości zwyczajnego widzenia, a krótkowidzowi damy soczewkę wklęsłą *nm*, takiej krzywości, iż promienie *zn*, *zm*

o tyle się od osi odłamią, że po załamaniu, pójdą kierunkiem *no*, *mr*; na ten czas ich przecięcie się, także na samém dnie oka nastąpi, i widzenie będzie dokładne.

Okulary dalekowidzów. Niech na fig. 120 wszystkie linie zatrzymają to samo znaczenie, tylko niech *di* będzie odległością wzroku dalekowidza: na ten czas promienie *ds*, *do*, *dr*, na dnie oka przecinają się dokładnie, lecz przybliżmy punkt *d* do *z*, i użyjmy soczewki wypukłej *nm* takiej, by promienie *zn*, *zm* po załamaniu, szły tym samym kierunkiem; w ten czas także ognisko utworzy się na dnie oka, i widzenie będzie wyraźne.

Taki więc jest cel używania okularów, które iak widzimy są dwoiakiego gatunku: wklęsłe i wypukłe, a podług rozmaitości wzroku, tak krótko iak i dalekowidzów, muszą mieć rozmaitą ogniskową. Różnica ta w handlu numerami się oznacza.

MIKROSKOP POJEDYNCZY.

230. Drobnowidz prosty, który gdy jest większy, a za tém mniej powiększający, nosi nazwisko *Lupy*, służy do obserwowania drobnych przedmiotów. Użycie do tego celu soczewek wypukłych, na téj zasadzie polega, że przedmiot leżący na ogniskowej, nie daie rzeczywistego obrazu, lecz z téj samej strony, sam jest widziany, w większej odległości, i powiększony. Istotnym przeto warunkiem w użyciu mikroskopów jest, ażeby przedmiot leżał na ogniskowej. Lecz nie dość na tém, potrzeba ieszcze, l. 229, żeby promienie wpadające do oka, czyniły z sobą kąt taki, iakiego wymaga wzrok każdej osoby: w takiej przeto odległości od soczewki postawiony byź winien, żeby iego mniemany obraz, przypadał w odległości widzenia obserwatora. Stąd wypada, że ten sam mikroskop dla krótkowidzów najmniej, dla zwyklowzro-

kich, miernie, a dla dalekowidzów najbardziej powiększa. Za nie przeto poczytuiać odległość oka od środka optycznego, i odległość przedmiotu od ogniska, zważając nadto, fig. 107, że trójkąty *cod* i *aob* są sobie podobne; wypada, że *ile razy odległość widzenia jest większa od ogniskowej, tyle razy w mikroskopie pojedynczym, przedmiot jest powiększony*. Znaiać przeto obiedwie te odległości; każdej soczewki moc powiększającą dla każdego obserwatora ocenić można.

MIKROSKOP ZŁOŻONY.

231. Jest przeznaczony do obserwowania drobniejszych jeszcze przedmiotów, niż drobnowidz prosty, składa się też z dwóch szkieł powiększających, z których jedno zowie się *przedmiotowém*, dla tego że przed nim przedmiot, a drugie *oczném*, bo przed nim oko jest położone. Oba leżą na iednej osi: pierwsze ma iak najkrótszą ogniskową, by powiększenie iak najznaczniejsze otrzymać: jest więc prawdziwym mikroskopem prostym, lecz jego przeznaczenie jest inne, ma ono bowiem dawać obraz rzeczywisty powiększony, nie zaś obraz mniemany. Szkło oczne ma ogniskową, a za tém i średnicę większą, jest więc lupą, która służy do obserwowania obrazu, danego soczewką pierwszą. Obserwacya ta odbywa się zupełnie tak, iak samego przedmiotu. Stąd powtórne otrzymanie się powiększenie.

Z tego co powiedziano, wyrozumieć łatwo, że przedmiot leżeć powinien na przedłużeniu ogniskowej szkła przedmiotowego, lecz iak najbliżej ogniska, gdyż inaczej nie dalby rzeczywistego obrazu większego: — że oczna w takiej odległości od szkła przedmiotowego znajdować się winna, żeby obraz, przez szkło ostatnie rzucony, na ogniskowej, iak najbliżej iednakże ogniska, szkła pierwszego przypadał: — że na soczewkę oczną dla tego się tylko lupy używa,

żeby nią cały obraz obiać można: — że z odmienaiącą się odległością przedmiotu, i rozmaitością wzroku, soczewka oczna do przedmiotowej zbliżać się i oddalać, że za tém ruchoma bydz winna: — że rozmaitej ogniskowej soczewek przedmiotowych używać można, i potrzeba, a to stosownie do wielkości obserwowanego przedmiotu.

Mikroskop taki, iakiśmy opisali, daie obrazy kolorowe, a nie można sposobem zwyczajnym, z powodu wielkiej drobnosci, zachromatyzować soczewki przedmiotowej. *Campani* przeto w ten sposób niedogodności tej zaradził, że pomiędzy szkłem przedmiotowém, a obrazem przez niego tworzyć się maiącym, daie soczewkę wypukłą, większą. Soczewka ta zmniejsza w prawdzie obraz, który daie soczewka przedmiotowa, gdy jest sama, lecz za to zgromadza dokładniej promienie, czyni obraz wyraźniejszym, i dozwala skrócić rurę mikroskopową. W ten czas bieg promieni światła jest, iak fig. 121 wskazuje, gdzie *a* soczewka przedmiotowa, *b* oczna, *c* dodatkowa, *de* przedmiot, *fg* obraz rzeczywisty, któryby powstał, gdyby szkła pośredniego nie było, *gh* obraz na przypadek szkła dodatkowego. Pomimo tego, że szkło dodatkowe zmniejsza wadę łamalności i kulistości szkła przedmiotowego, oprócz tego iednak, w tém miejscu, gdzie przypada obraz rzeczywisty *gh*, stawia się kółko czarne, w środku przedziurawione, prostopadle do osi rury, które tak iak tęczę w oku, pochłonywa promienie, zbyt odległe od osi soczewki ocznej, a przez to przyczynia się do zupełniejszego zniweczenia wad pomienionych. Kółko to nazywa się *diagramą*, i zdnajduje się we wszystkich lunetach.

Powiększenie w mikroskopach, iak widać, zawisło od siły wzroku, i mocy powiększającej soczewek, tak przedmiotowej iak ocznej, tudzież od odległości przedmiotu od soczewki, jest zaś następującemi oko-

licznościami ograniczone: — 1^{od}, że szkłem przedmiotowym nie można bez granic skracać ogniskowej, bo ie tylko pewnej wielkości robić można, a prócz tego, zbyttnia siła rozpraszająca tój soczewki, czyni obraz ciemnym — 2^{re}, nie można także średnicy szkła ocznego bez ograniczenia powiększać, gdyż iego powiększanie byłoby zbyt słabe — 3^{cie}, nie można też iego ogniskowej bardzo skracać, bo z malejącą średnicą, utracą się również jasność obrazu — 4^{te}, nie można w reszcie przedmiotu za nadto do ogniska soczewki przedmiotowej zbliżać, gdyż iego obraz rzeczywisty, koniecznie wewnątrz rury mikroskopowej przypadać musi, inaczej obserwować go nie można.

LUNETY NIEBIESKA CZYLI ASTRONOMICZNA.

232. Jest mikroskopem złożonym, w którym oczna powiększona, i zamieniona w przedmiotową, a przedmiotowa w oczną. Ponieważ tego rodzaju lunetami, patrzy się na ciała, w nieskończonej prawie odległości będące; obraz przeto szkłem przedmiotowym dany, musi wypadać rzeczywisty, i malować się w ognisku głównym. Tym sposobem słońce, księżyc, i planety, dają tam obrazy, nieporównanie od siebie mniejsze, gdy tym czasem w mikroskopach, obrazy te są zawsze większe: lecz gdy ciał niebieskich, tak jak ziemskich, zbliżka obserwować nie można; przedstawiamy więc na tém, że choć drobne ich wizerunki mikroskopować możemy. Przeznaczeniem więc przedmiotowej w lunetach astronomicznych jest, że tak powiem, sprowadzanie ciał z nieba na ziemię: ażeby zaś obrazy te były jak najświatlejsze; szkło to dużą średnicę, a za tém i wielką ogniskową mieć musi, i dla tego znowu lunety astronomiczne, muszą być długie. Na te obrazki dopiero patrzy się przez mikroskop czyli oczną, a więc luneta astronomiczna, właściwie mówiąc, jest mikroskopem prostym, lecz

którym nie same przedmioty, ale obserwują się ich zdrobniałe obrazy rzeczywiste.

Fig. 122, *dd* przedmiotowa, *ee* oczna, *mn* obraz rzeczywisty, *pq* obraz mniemany. Pomiędzy soczewką oczną a obrazem rzeczywistym, daie się tu zawsze szkło dodatkowe, w podobny sposób, jak o tém przy mikroskopach powiedziano, przedmiotowa zaś jest zwyczajnym sposobem zachromatyzowana. W ognisku przedmiotowej wyciąga się zwyczajnie trzy lub pięć włosków pionowych z paieczyny, platyny lub srebra, równo oddalonych od siebie, i w środku długości przeciętych iedną taką nitką poziomą. Nitki te są potrzebne do oznaczenia czasu przehodzenia ciał niebieskich przez południk. Niekiedy do nitki poziomej bywa jeszcze dodana druga nitka, równoległa, ruchoma, która swém oddaleniem wyznacza średnice pozorne ciał niebieskich. Apparacik ten zowie się *Mikrometrem*. Gdy się obserwuje słońce; przed oczną zakłada się szkło płaskie czarne, ażeby oko od wypalenia zabezpieczyć, a obserwując w nocy, pomienione nitki rozmaitemi oświecają się sposobami.

Gwiazdy stałe, w lunetach astronomicznych widziane, są tój samej wielkości, jak gołym okiem, co dowodzi nadzwyczajnej ich odległości: z tego powodu ich rzeczywiste obrazy, w tém samym zawsze wypadają miejscu, lecz planety wydają się rozmaicie powiększone, ich przeto obraz, stosownie do odległości ziemi, w różnych punktach osi szkła przedmiotowego, malować się musi. Z tego powodu soczewkę oczną raz do przedmiotowej przybliżać, drugi raz oddalać ją trzeba: lecz choćby położenie obrazu tego było niezmiennie; dla rozmaitych wzroków, ieszczeby potrzeba szkła oczne mieć ruchomém, dla tego też w osobnej rurze wsuwalnej jest osadzone.

LUNETY ZIEMSKA CZYLI PERSPEKTYWA.

233. Luneta astronomiczna, mogłaby służyć do

obserwowania, bardzo oddalonych przedmiotów ziemskich, lecz iak to uważać można było, obrazy w nich, podobnie iak w mikroskopach, malują się przewrócone. Dół jest tam górą, strona lewa prawą, bieg z góry, na dół, biegiem z dołu do góry, a z prawej na lewą, biegiem z lewej na prawą... Okoliczność ta w obserwacyach mikroskopowych, i astronomicznych, nie jest by najmniej szkodliwą, lecz w perspektywie cierpianą być nie może. Z tego powodu w lunecie niebieskiej, przerabiając ją na ziemską; pomiędzy ogniskiem przedmiotowej a oczną, dać się dwa szkła wypukłe, których iedynym przeznaczeniem jest, odwrócenie rzeczywistego obrazu.

Fig. 123 wystawia bieg światła w takowej lunecie: *pp* przedmiotowa, zwyczajnym sposobem zachromatyzowana, *oo* oczna, *cc*, *dd* szkła pośrednie, służące do odwrócenia obrazu *ab*. Ognisko soczewki przedmiotowej, z ogniskiem soczewki najbliższej, powinno przypadać w iednym punkcie *e*: podobnież w punkcie *n*, ogniska soczewek *cc*, *dd*, muszą się z sobą schodzić: ogniskowa na ostatek soczewki *dd*, na ogniskową ocznej zachodzić powinna. Tym sposobem ostrokągi *cbr*, *car*, z punktów *b*, *a*, iako z ogniska głównego wychodzące, zamieniają się na walce *dc*, *dc*, a ponieważ oba razem tworzą nieiako ieden ostokrąg; po opuszczeniu soczewki, przeciąć się z sobą muszą w *n*. Walce znowu w soczewce *dd*, nanowo zamieniają się na ostrokągi, a ponieważ z ogniska główn. *n* wychodzą; ostokrągów tych wierzchołki, w ognisku główn. *a'b'* téjże soczewki wypadną. Nad to, ponieważ jeszcze osi tych wałców w ognisku głównym pomienionej soczewki, swój początek biorą; po wyjściu więc z niej, równolegle względem siebie być muszą. Tym sposobem obraz przewróci się w *a'b'*: na niego więc patrzy się tak iak w mikroskopie, tudzież lunecie niebieskiej po-

dwójną soczewką oczną, choć rysunek tylko pojedynczą wystawia.

Z tego co się powiedziało, wypada, że soczewki odwracające obraz, niezmiennie względem siebie położenie zachowywać powinny, dla tego też w osobnej rurze perspektywy są stale osadzone, lecz soczewka *cc*, raz przybliżać, drugi raz od przedmiotowej oddalać się winna, podług tego iak obserwujemy przedmioty dalsze, lub bliższe: podobnież oczna, stosownie do długości wzroku, bliżej lub dalej obrazu znajdować się musi: dla tego perspektywa przynajmniej z trzech rur składa się zwykle: w iednej osadza się przedmiotowa, w drugiej szkła przewracające obraz, w trzeciej oczna.

PERSPEKTYWKA CZYLI LUNETKA GALILEUSZA.

234. Z dwóch szkieł tylko się składa, a nie przewraca obrazu, bo oczne jest wklęsłe, i na ogniskowej przedmiotowego położone, bliżej za tém, niż się wszelki obraz rzeczywisty, od szkła tego pochodzący, maluje. Z tego powodu perspektywa ta jest bardzo krótka. Fig. 124 wystawia w niej bieg światła: *pp* przedmiotowa, *oo* oczna, *cf* ogniskowa przedmiotowej. Zamiast obrazu rzeczywistego *ab*, powstaie obraz mniemany *mn*, bo ostrokągi światła proste, których wierzchołkami *a*, *b*, zamieniają się na ostrokągi przewrócone, których wierzchołkami *m*, *n*. Oczna tak daleko od przedmiotowej ma być położona, żeby obraz w odległości zwyczajnego widzenia przypadł, a więc odległość ta od mocy wzroku zależy, soczewka też wklęsła, ruchomą być winna. Lunetka ta zwyczajnie bywa podwójna, żeby przez obserwowanie iednym okiem, nie mordować drugiego.

TELESKOP HERSZELA.

235. Fig. 125 wystawia rurę, końcem otwartym do nieba skierowaną: na iej dnie znajduje się zwiercia-

dło kuliste, metalowe, wklęsłe, cokolwiek pochylone, by oś jego nie schodziła się z osią rury. Tym sposobem w jego ognisku głównym, powstaie przewrócony obraz *cd*, na który patrzy się przez soczewkę wypukłą. Soczewka ta jest lupą achromatyczną, i stanowi szkło oczne, zwierciadło zaś, miejsce szkła przedmiotowego zastępuje. Oś teleskopu dla tego jest do promieni ciała niebieskiego nachyloną, żeby obraz zwierciadlany, przypadł blisko brzegów rury. Tym sposobem obserwator iak najmniej swą głowę zasłania nieba.

Gdy nie znano jeszcze sposobów achromatyzowania szkła optycznych, rzucono się do budowania teleskopów: z tego powodu Herszel, sławny Astronom Angielski (um. r. 1825.), zbudował olbrzymi teleskop, którego zwierciadło miało 40 stóp ogniskowej, a przeszło 4 stopy średnicy: rura z blachy żelaznej, także na 40 stóp była długa, a na 5 stóp gruba, ważyła zaś 4000 funtów, i łańcuchami za pomocą szczególnego mechanizmu kierowana była. Teleskop ten stał pod gołym niebem, blisko Londynu, a wewnątrz rusztowania, na którym był zawieszony, znajdowały się dwa domki, dla pomocników obserwatora. Za pomocą teleskopu tego, Herszel odkrył dwie planety, i inne ważne na niebie poczynił odkrycia. Dziś te instrumenta wyszły z użycia.

BIORAMA I OPTYKA.

236. Diorama i Optyka są sobie zupełnie podobne, lecz tamta urządza się w izbie, ta zaś w pudełku. W tamtej są okna, w tej zaś umysłny otwór lub szpara, do wpuszczania światła dziennego. Izba zazwyczaj podzielona bywa na dwie komory, tak że w jednej wszystkie okna zostają, druga zaś jest ile możności ciemna. W przegrodzie są poumieszczone wielkie soczewki wypukłe, a na ich ogniskowej w komorze ciemnej, malowane przedmioty, i na te

patrzy się z komory ciemnej, przez szkła powiększające, tak iak przez mikroskop prosty. Optyka zaś poprostu w jednej ścianie pudła ma soczewice, a na przeciwległej wewnątrz są obrazki. Gdy dioramę lub optykę chcemy przedstawić w nocy; przedmioty trzeba oświecać światłem sztucznym, a wtedy widoko to przybiera imię *Kosmorama*. Gdy rysunki przedstawiają cały widokrag, to jest, miasta i wsi okoliczne, ... diorama zowie się znowu *Panoramą*, a gdy wnętrza kościołów i wielkich gmachów, nosi nazwisko *Neorama*.

MIKROSKOP SŁONECZNY.

237. Fig. 126. Podobnie iak drobnowidz złożony, jest przeznaczony do przyglądania się, bardzo drobnym przedmiotom. Przedmiot kładzie się w *mn*, przed szkłem powiększającym, na przedłużeniu ogniskowej, która jest bardzo krótka, lecz przed samym ogniskiem, iak w mikroskopie złożonym. Powstaie więc obraz *ab*, bardzo powiększony, na przeciwległej ścianie, gdy rura *cd* w otworze okiennej *pq*, izby ciemnej, jest umieszczona. Dla skierowania światła poziomo w rurę, zewnątrz okiennej znajduje się zwierciadło płaskie, stosownie nachylone, a dla powiększenia jasności obrazu, w samej rurze umieszcza się druga soczewka, zgromadzająca światło.

LATARNIA CZARNOKSIĘSKA.

238. Fig. 127 składa się z lampy *a*, zwierciadła wklęsłego *b*, z soczewki zgromadzającej *c*, której celem jest oświecenie przedmiotu, w *mn* założonego, tudzież z soczewki powiększającej *d*, która rzuci obraz na przeźroczce, w pewnej odległości, na przeciw latarni stojące. Przedmiot musi tu być przeźroczysty, zwyczajnie zaś bywa nim malowidło, na tafelce szklanej. Zwierciadło i soczewka oświecająca, tak ustawione być winny, ażeby na tafelce szklanej dały

kółko świetne, tafelka zaś nieco na przedłużeniu ogniskowej, szkła *d*, ma być położona. Aparat oświetlający, z przedmiotem jest zamknięty w nieprzeźroczystej latarni, a doświadczenie robi się w izbie ciemnej.

FANTASMAGORIA,

239. Tém się tylko różni od latarni czarnoksięskiej, że obraz daie ruchomy, to jest, w tył i na przód postępujący, że się za tém przedmiot od szkła powiększającego oddalać, i przysuwać może. Zwykle przeto sala ciemna, przedziela się przeźroczem, z którego iednej strony znajdują się widzowie, z drugiej aparat na wózku, którego mechanizm tak urządzony, że gdy się do przeźroczu przybliża; na ten czas się przedmiot od szkła powiększającego, w takim stosunku oddala, że obraz nigdy z przeźroczu nie schodzi. Gdy się znowu aparat od przeźroczu oddala; na ten czas się przedmiot do szkła przybliża. Powiększanie się obrazu, wprawia widzów w to przekonanie, że się przedmiot przybliża, iego zaś zmniejszanie się, naśladuje oddalanie się przedmiotu, w czém iednakże ta jest nienaturalność, że przedmiot na pozór bliższy, jest mniej wyraźny, a odleglejszy przeciwnie. Do naśladowania ruchów, malowidła muszą się składać z części, które wedle potrzeby poruszane bywają, ażeby zaś ruch wózka utaić; kółka iego sukniem są poobijane.

CIEMNICA OPTYCZNA (Camera obscura.)

240. Bywa bardzo rozmaitego kształtu. Najpo prostu jest, fig. 128, *abcd* pudło, o otwór, w którym rura, a w niej szkło wypukłe, ss zwierciadło, pod pewnym kątem do poziomemu nachylone. Gdyby zwierciadła nie było; w ten czas osoba, na figurze odrysowana, w nocy, na dnie pudła zobaczyłaby obraz nieba zmniejszony; lecz gdy zwierciadło płaskie,

stosownie pochylone, nad soczewką umieszczone będzie; na ten czas promienie od przedmiotów ziemskich idące, odbijają się od niego, a przeszedłszy przez szkło optyczne, iak najwierniej odrysują tę okolicę, w którą zwierciadło jest obrócone. Zaledwo tu potrzeba jeszcze wspomnieć, że odległość przedmiotów od soczewki, jest zawsze tak wielka, że koniecznie obraz rzeczywisty wyniknąć musi. Ciemnica optyczna może być używana do rysunków topograficznych, iak największej dokładności wymagających.

KALEJDOSKOP.

241. Budowa iego, gruntuje się na téj zasadzie, że zwierciadła płaskie, nachylone do siebie pod kątem, dają tyle obrazów, mniej iednym, ile się kątów tych mieści w całym obwodzie koła, l. 175. Bierze się więc rura papierowa lub t. p. i wsuwa się w nią dwa zwierciadła tak wąskie, by się tam pod kątem, tak iak książka, rozłożyć dały: mają zaś być prawie tak długie, iak sama rura. Do iednego końca rury przytwierdza się pudełko takie, iak tabakierka, lecz z obydwoma dnami szklanemi, i ze startym polorem, żeby odbicie światła zmniejszyć, a przejście ile możliwości ułatwić. W pudełku tém niech będą rozmaite fraszki różnofarbne, przeźroczyste, iak np. sieczka szklana, rozmaite pacioreczki, drogie kamienie fałszywe.... Drugim końcem rury patrząc pod światło, zobaczymy te przedmioty pomnożone, stosownie do wielkości kąta, który z sobą czynią zwierciadła, a ile razy potrząśniemy rurą, tyle razy nowe zobaczymy figury. Narzędzie to dla Malarzy pokojowych, Drukarzy perkalów, i obić papierowych,.... jest niewyczerpanym źródłem wzorów.

ROZDZIAŁ VII.

METEORY ŚWIETLNE.

Meteorami nazywają się wszelkie zjawiska napowietrzne, czyli zdarzenia, w atmosferze przytrafiające się. Nauka o nich jest Fizyką stosowaną, i dla tego osobne *Meteorologii* otrzymała nazwisko. Zdarzenia te są albo skutkiem światła, albo ciepła, lub elektryczności, o każdym więc rodzaju osobno na właściwych miejscach mówić będziemy.

242. Mamidła optyczne, Powódź optyczna (*Mirage*). Pod l. 109 powiedzieliśmy, że atmosfera na powierzchni ziemi jest najgęstsza, że gęstość ta dopiero z wysokością co raz bardziej i iednostajnie się zmniejsza, lecz wiedzieć potrzeba, że prawo to gęstości atmosferycznej, bardzo często i w rozmaity sposób bywa kłócone. I tak: na obszernych równinach piaszczystych, w gorących mianowicie krajach, powierzchnia ziemi do tego rozpala się stopnia, że największa gęstość atmosferyczna, nie na samej ziemi, lecz w pewnej nad nią wysokości przypada, skąd dopiero do góry, i na dół się zmniejsza. Rozkład ten gęstości atmosfery, wystawia fig. 129. Gdy więc *np.* promień *ab*, od przedmiotu idący, co raz bardziej odlamywać się będzie; z czasem największego kąta złamania dosięże, całkowicie się odbiśnie, i wpadnie do oka: przedmiot za tém będzie widziany dwa razy: prosto po linii *ea*, i przewrócony w kierunku *ef*, słowem tak, iakby stał nad wodą.

Zjawisko to po raz pierwszy dostrzeżone zostało w czasie wyprawy francuskiej w Egipcie. Pod czas iednego z marszów, armia pragnieniem trapiąca, niespodzianie zdarzenie to postrzegłszy, cieszyła się, że wkrótce pragnienie swe ugasi, albowiem naokoło opodal widziała się być oblana wodą, lecz w miarę

zbliżania się, powódź ta ustępowała przed niemi. Zdarzenie to i na morzu się przytrafia, lecz w odwrotnym sposobie, czasami albowiem widzieć można okręt przewrócony nad okrętem, w pewnej odległości płynącym. Tym to sposobem na morzach północnych, syn Kapitana Angielskiego *Shoresby*, zobaczył okręt przewrócony ojca swego w powietrzu, gdy go już bezpośrednio nie widział. Do tego rodzaju zdarzeń należy także widowisko, u Włochów *fata morgana* zwane. W pewnych czasach w *Neapolu*, *Reggio*, i na brzegach *Sycylii*, w wielkiej odległości widać na powietrzu zamki, pałace, ruiny, kolumny,... które co chwila poruszają się, i postać swoją zmieniają.

243. Tęcza. Chcąc to zjawisko zrozumieć, uważmy na przód, co się dzieje ze światłem, gdy w iakie ciało kuliste, *np.* w kroplę wody wehodzi. Fig. 130, koło *wbur*, wyobraża kroplę wody, *su* promień światła, przechodzący przez sam środek kropli, *mn*, *po*, *ab* promienie równoległe. Oczywiście jest rzeczą, że promień *su*, bez żadnego z swój drogi zboczenia a za tém i rozszczepienia się, przejdzie na drugą stronę, lecz promienie, *mn*, *po*, przy swém wejściu w kroplę, złamią się, i drogę każdego z nich w kropli, podług l. 106 i 206 wyznaczyćby można. Stąd okazałoby się, że rozmaite promienie, różnemu złamaniu ulegną, lecz złamane, do powierzchni wyjścia przyszedłszy, odbiśnie tam w części, wewnątrz kropli, a w części tylko na powietrze wyjdą. Promienie odbite, napotkawszy znowu drugie wyjście w swojej drodze, powtórnie się w części odbiśnie, a reszta wyjdzie w powietrze, czyniąc pewien kąt, z promieniami na kroplę padającymi, który się *kątem zboczenia* nazywa. *Np.* promień *po*, po złamaniu się na powierzchni padania, pójdzie kierunkiem *ou*, w punkcie *u* podzieli się na dwie części, iedna *uq* z kropli wyjdzie, druga odbiśnie się iak *ur*. Promień ten odbity, w punkcie *z* powtórnie

się na dwie części rozdzieli: *rz* odbije się, *ry* wyjdzie w powietrze. Poprzedłużawszy kierunki promienia padającego *po*, i wychodzącego *yr*, kąt *pxy*, który z sobą te kierunki czynią, jest kątem zbieżności.

Poiąć łatwo, że kąty zbieżności dla rozmaitych promieni, między *su*, przechodzącym przez środek, i *ab* stycznym, są różne, i że jeden między nimi musi być największy. Kąt ten rachunkiem tylko znaleziony być może, równie iak ta własność, że promienie bardzo blizkie promienia, z swój drogi zbaczającego najbardziej, całą swą drogę prawie odbywają razem, to jest, wspólnie się załamują, odbijają w kropli, i równolegle na powietrze wychodzą, fig. 131. Te to promienie sprawiają tęczę, one bowiem tylko, iako równoległe, bez żadnego osłabienia, od kropli aż do oka naszego, dojść mogą, inne tym czasem, iako rozpraszające się, ogólnemu prawu słabienia w stosunku kwadratów z odległości ulegać muszą. To cośmy tu o ćwiartce górnej *wob* powiedzieli, stosuje się do ćwiartki dolnej, i innych, lecz ćwiartką dolną promienie wchodzące, przez ćwiartkę górną wychodzą.

Ponieważ promienie różnych kolorów, są rozmaicie łamliwe; kąt przeto największego zbieżności, dla promieni rozmaitego koloru, pod różnym kątem padania, czyli w rozmaitej odległości od promienia *su*, fig. 130, przypadać, i rozmaitej wielkości być musi. Kąt ten *np.* w promieniach czerwonych, $42^{\circ} 1' 40''$ wynosi, i przypada pod kątem padania $59^{\circ} 23' 30''$; jeżeli za tém przez środek słońca, i przez stanowisko nasze, poprowadzimy linią prostą *ob*, fig. 132, ta dla wielkiej odległości słońca, równoległą będzie od promieni światła *sx*, na chmurę padających, a poprowadziwszy linią *ox*, pod kątem $42^{\circ} 1' 40''$, do linii *ob*, oczywiście jest rzeczą, że z promienia białego *sx*, odbierzemy promień czerwony *oc*, ponieważ kąt *oxs*,

iako naprzemianległy z kątem *xob*, jest kątem największego zbieżności. Jeżeli znowu linią *ox*, koło linii *ob*, iako osi obracać będziemy; na ten czas opiszemy powierzchnią ostrokągową, na której leżące wszystkie kropie chmury, przyszlą do oka naszego promienie czerwone, równoległe, i tym sposobem uczujemy łuk czerwony, leżący na obwodzie podstawy ostroka, któryśmy zakreślili. Łuk ten nie jest wszakże linią, lecz ma pewną szerokość, i zdaie się być czerwoną wstęgą, co stąd pochodzi, że słońce nie jest punktem, lecz zbiorem punktów, z których każdy do naszego oka, tym sposobem promień czerwony przysyła: dla tego też wstęga jednego koloru, jest na $30'$ pozornie szeroka, bo średnica pozorna słońca pół stopnia wynosi.

Ponieważ światło fioletowe jest najłamlwsze; iego więc kąt zbieżności największy, iuż pod kątem padania 58° przypada, i tylko $40^{\circ} 17'$ wynosi: wstęgę za tém fioletową tęczę, na wewnętrzym brzegu widzimy. Ponieważ łamlwość promieni pośrednich, jest pośrednia; inne kolory przeto środek tęczy zajmują.

Gdy się razem dwie okazują tęcze; na ten czas górna od dwoistego wewnątrz kropel odbicia pochodzi, fig. 133, i dla tego jest bledsza. Porządek w niej kolorów jest odwrotny: wewnątrz czerwony, fioletowy zewnątrz. Zaledwo tu potrzebuemy wspomnieć, że aby widzieć tęczę; między chmurą a słońcem znajdować się, i twarzą do chmury obróconym być trzeba: dla tego nikt tęczy rano na wschodzie, a wieczorem na zachodzie nie widział, gdyż się ta zawsze w wymienionych porach dnia, w przeciwnych stronach świata znajduje.

Tęczę widzieć można przy fontannach i kaskadach, mocno rozpryskujących wodę, patrząc na nie od strony oświeconej przez słońce. Można ją także naślą-

dować w mieszkaniu. Gdy słońce świeci w okna; obrócić się twarzą do ściany przeciwległej, wziąć wody w gębę, i parskać nią mocno. Tym sposobem utworzona chmura sztuczna, przedstawi tęczę.

Prócz mamideł optycznych, tęczy, i zorzy *północnej*, która jest zapewne skutkiem elektrycznym, dwa jeszcze niekiedy na niebie ukazują się światła: *iasność* około słońca, a częścią i wedle księżyca, która czasami kolorowa bywa, tudzież *przysłońca*, czyli okazywanie się kilku słońc fałszywych, obok prawdziwego, lecz zdarzeń tych przyczyna dotąd nie jest należycie wyjaśniona.

O CIEPLIKU.

W S T Ę P.

244. Pierwszym skutkiem ciepłika jest ciepło i zimno. Ciepło i zimno jest czuciem. Pierwszego doznajemy w ten czas, gdy ciepłik w ciało nasze wchodzi, drugiego, gdy z nas wychodzi. Niech będą przed nami trzy naczynia: iedno skrajne z wodą zimną, drugie średnie z ciepłą, trzecie skrajne z gorącą. Trzymajmy iedną rękę w iednym, drugą w drugiem naczyniu skrajnem dopóty, dopóki w iedną zimną, w drugą doświadczać będziemy gorącą. Włożmy po tém obie ręce do środkowego naczynia: wtedy uczujemy gorąco w tę rękę, którąśmy trzymali w zimnej wodzie, a w drugą będzie nam zimno. Ponieważ tu obie ręce w iednych się znajdowały okolicznościach; taż sama więc bydz musi przyczyna iednego i drugiego czucia. Ponieważ znowu ciepło nam w tę rękę, którąśmy w zimniejszej wodzie trzymali, a w drugą jest nam zimno; naturalny stąd wypada wniosek, że iak z cieplejszej wody, do zimniejszej ręki, tak z cieplejszej ręki do zimniejszej wody, ciepłik przechodzić musi, że weiskając się w nasze ciało, sprawia czucie które ciepłem nazywamy, a wydzierając się z niego, staie się przyczyną zimna.

Cieplik najłatwiej wchodzi w metale i najłatwiej z nich wychodzi, czyli iednem słowem, ciepłik najłatwiej przez metale przechodzi, bo metale najprędzej się ogrzewają i najprędzej stygną. Z tego powodu nazwano je dobremi przewodnikami czyli przewodzicielami ciepłika, lub poprostu *przewodnikami*.

Dla przeciwnej zupełnie przyczyny, inne ciała ziemi przewodnikami lub *nieprzewodnikami*, a trzecie mieniami przewodnikami lub *półprzewodnikami* nazwane zostały. Najgorszymi przewodnikami są płyny, węgiel, szkło, lód, futra, włosy, wełna i bawełna, iedwab', len, konopie, i wszelkie z nich tkaniny, słoma, żywice.... Do miernych należą kamienie.

245. Drugim skutkiem ciepłika iest rozszerzalność ciał, o której iużeśmy raz na samym wstępie do Fizyki, wspomnieli, a w dalszym ciągu, obszerniej ieszcze o niej mówić będziemy. Tu tylko dodamy, że ciała stałe najmniej, a ciała lotne najwięcej się rozszerzają — że tylko same ciała lotne iednako, i proporcjonalnie rozszerzają się do ilości, w nie wchodzącego ciepłika — że ciała stałe i ciekłe w pewnych tylko granicach, za proporcjonalnie rozszerzalne uważać można — że za pomocą rozszerzalności, poznawać możemy, które ciało iest cieplejsze, a które zimniejsze, czy ciało stygnie, lub czy się ogrzewa. Jakoż gdybyśmy mieli szereg naczyń z wodą, a chcieli się dowiedzieć, która iest cieplejsza lub zimniejsza od drugich; potrzebaby tylko wziąć flaszeczkę szklaną, o której wspomnieliśmy pod 1. 20, nalać w nią np. spirytusu zafarbowanego, i trzymać ją kolejno w każdym naczyniu dopóty, dopóki się tylko w niem spirytus ogrzewa, rozszerza, i podnosi. W którym naczyniu woda iest najcieplejsza; w tém spirytus najwyżej się wzniesie, tam bowiem najbardziej się rozgrzeie i rozszerzy. Gdybyśmy się znowu przekonać chcieli, czy rozciek iaki nie stygnie, lub czy się nie ogrzewa; dosyć byloby trzymać w nim pomienioną flaszeczkę przez czas nieiaki. Jeżeli spirytus nie opada, ani się nie wznosi, lecz w iednej mierze stoi; pewni być możemy, że w owym rozcieku, ani nie przybywa, ani nie ubywa ciepłika.

246. Trzecim skutkiem ciepłika iest zmiana stanu skupienia ciał, która nie czém inném iest, tylko dalszym ciągiem rozszerzania się ciał. O téj przemianie w szczególności także na swém miejscu mówić będziemy, tu tylko dodamy, że nieprzewodniki przez cały czas przechodzenia, z iednego stanu do drugiego, nie ogrzewają się wcale, chociaż są na ogień wystawione, lecz ciepłik swój w iednej zachowują mierze. Lód na mrozie, raz może być zimniejszy, drugi raz cieplejszy, może się nawet do pewnej granicy ogrzewać, lecz skoro tylko topić się zacznie; iuż cieplejszym być nie może, co większa! dopóki tylko najmniejsza bryła lodu pływa, woda z tego tairienia pochodząca, nie ogrzewa się także, lecz iest tylko, tak iak lód zimna. Podobnie, przystawwszy wodę do ognia; ciecz ta co raz bardziej ogrzewać się będzie, dopóki się nie zagotnie, lecz skoro tylko zawre, iuż gorętszą nie będzie.

247. Rozmaite nazwiska ciepłika. Ciepłik wprost z ciał grzejących, lub z ogrzanych pod czas stygnięcia wychodzący, tudzież ciepłik od wszelkich powierzchni odbity, nazywa się *promienistym* lub *wolnym*, dla tego że się wolno, czyli bez przeszkody, w kształcie promieni światła, rozchodzić może. Wszelki znowu ciepłik, który wewnątrz ciał zostaje, a przeto nie może swobodnie swego odbywać biegu, zowie się *uwięzionym*. Gdy się dotykamy iakiego ciała, i czujemy ciepło; uczucie to iedynie od ciepłika wolnego pochodzić może, ciepłik bowiem w porach ciała uwięziony, ani się z nich wydobydź, ani do naszego ciała przenieść się nie może, ciepłik więc ten, czujemy naszym wysłedzić się nie daie, i z tego powodu, *utaionym* czyli ukrytym iest nazywany. Dla téjże samej przyczyny, gdy się iedno ciało ogrzewa od drugiego; skutek ten iedynie od ciepłika wolnego pochodzić może. Ciepłik utaiiony iest tylko przyczy-

na rozszerzalności, i zmiany stanów skupienia tego ciała, w którym się znajduje, podług natury swęj bowiem, rozpychając się ciągle, i cząstki ciał także rozpycha, a przez to ich objętość powiększa, topi je, lub ulatnia. Jakoż stan ciekły, jest to odepchnienie się cząstek do téj granicy, w której siła spójności ciała, jest mniejsza od ciężkości pojedynczych cząstek. Stan lotny, jest odepchnieniem do tego stopnia, że już spójność żadnego nie wywiera działania.

Gatunkowym nazywa się ta ilość utaionego ciepła, która tylko ciała rozszerza, a stanu ich skupienia nie zmienia: jeżeli zaś tak jest wielka, że je topić lub ulatniać może, na ten czas przybiera nazwisko ciepła *topliwości* albo *lotności*. Ciepłik wolny inaczej jeszcze zowie się *temperaturą*, tak iż gdy mówimy, że temperatura ciał raz jest wyższa, drugi raz niższa, to znaczy, że ich ciepłik promieniujący lub odbity, raz jest gęstszy, drugi raz rzadszy.

Podział nauki o ciepłiku. Całą naukę o Ciepłiku, w ośmiu następujących zamknijemy rozdziałach: — I o termometrach — II o rozszerzalności — III o zmianach skupienia ciał — IV o parach — V o ciepłiku promienistym — VI o ciepłiku utaionym — VII o źródłach ciepła i zimna — VIII o meteorach ciepłikowych.

ROZDZIAŁ I.

O TERMOMETRACH.

248. Termometry w ogóle mówiąc są to narzędzia, służące do poznawania temperatury ciał, a w szczególności, rozwiązuia następujące pytania: — *na przód*, czy temperatura danego ciała zmienia się, lub czy niezmienna zostaje, — *po wtóre*, czy temperatury dwóch ciał są sobie równe, lub którego z nich wyższa, — *po trzecie*, jakim sposobem każdego czasu trafić do

temperatury danéj. Z tego co poprzedziło, okazuje się, że budowa termometrów, na rozszerzalności ciał polega.

249. Narzędzia te są trojakiiego gatunku: *ciekłe*, *stałe* i *lotne*: pierwsze służą do temperatur najniższych i średnich, bo rozszerzalność cieczy jest średnia, między ciałami stałymi a lotnemi, l. 245, drugie do najwyższych, bo ciała stałe najmniej się rozszerzają, trzecie używają się tylko, albo do prędkiego, albo do ścisłego oznaczenia temperatury. W ostatnim zamiarze, dla tego ciał lotnych użyto, bo rozszerzalność ich proporeyonalna do przybywającego ciepła, i najwyraźniejsza, a lubo w dużych massach nie prędko stygną i ogrzewają się, w małych jednak skutek jeszcze prędzéj, niż w metalach następuie.

TERMOMETRY CIEKŁE.

250. Termometry ciekłe są dwoiakié: z *merkuryuszem* i *alkoholem*: pierwsze służą do temperatur średnich, drugie do temperatur najniższych. Merkuryusz dla tego na termometr wybrano — *na przód*, że się ze wszystkich cieczy najproporeyonalniéj do temperatury rozszerza, to jest, że od ciepła wolnego, 2, 3, 4, ... razy gęstszego, rozszerza się, 2, 3, 4, ... razy więcéj — *po wtóre*, że jest dobrym przewodnikiem ciepła, czyli że się łatwo ogrzewa i stygnie, a zatem prędko rozszerza i kurczy, prędko więc odmiany temperatury wskazuje: przymiot ten stanowi *czułość termometru*, — *po trzecie*, że w dość niskiej temperaturze marznie, a w dość wysokiéj się gotuje, i obraca w parę. Alkoholu znowu dla tego użyto, że chociaż rozeiek ten zupełnie rozszerza się nieforemnie, lecz w żadnéj dotąd znanéj temperaturze nie marznie.

251. Termometr merkuryuszowy robi się następującym sposobem: bierze się rurka szklana,

fiak najmniejszej średnicy, w jednym końcu z bańką; nalewa się w nią tyle merkuryusza, żeby nie tylko bańkę, ale i mniej więcej trzecią część rurki wypełnić, zanurza się w wodzie *wracęj*, i punkt ten, w którym się merkuryusz zatrzyma, na rurce się oznacza: — *po tem* trzyma się w śniegu *topniejącym* póty, póki znowu merkuryusz nie stanie w iednej mierze, i punkt ten podobnie się oznacza: po czém rurka zalutowywa się. Te dwa punkta nazywają się *stałemi*, bo ile razy tak przygotowaną rurkę, włożymy w wodę *wracęj* lub śnieg *topniejący*; tyle razy w niej merkuryusz zatrzyma się na punkcie górnym, lub dolnym. Punkt pierwszy zowie się *ieszcze punktem wracęj wody*, a drugi punktem wody *marznącej* lub *topniejącego lodu*.

Odległość między temi punktami stałemi, dzieli się na 100 części równych, które nazywają się *stopniami*, po czém wprost, za pomocą cyrkla, do góry i na dół przedłuża się podziałka. Niżej punktu *topniejącego lodu*, wyznacza się tylko 40, powyżej zaś punktu wody *wracęj*, 200 a nawet 240 stopni: *zwyeczajnych* iednak termometrów podziałka, u góry kończy się na punkcie wody *wracęj*. Przy punkcie *topniejącego lodu*, kładzie się zero, i stąd liczą się stopnie do góry i na dół, tak iż stopień najwyższy będzie trzechsetny, lub trzechsetny czterdziesty, a najniższy, czterdziestym. Stopnie nad zerem, zowią się *stopniami ciepła*, dla tego, iż po największej części oznaczają temperatury, od naszego ciała, wyższe, a przeto jest nam wtedy ciepło, gdy ie termometr w atmosferze wskazuje. Dla odwrotnej przyczyzny, stopnie od zera niższe, zowią się *stopniami zimna* lub *mrozu*. Pierwsze dla skrócenia oznaczają się znakiem dodatnym, drugie ujemnym, *np.* $+10^{\circ}$, znaczy 10 stopni nad zerem; -10° = 10 stopni zimna, lecz znak $+$ opuszcza się *zwyeczajnie*. Zero nie ozna-

cza tu więc zupełnego braku ciepłika wolnego, lecz tylko temperaturę taką, iaką ma lód w ten czas, gdy topnieje, a prócz tego iest znakiem początku *rachuby* stopni.

W czasie pomienionej roboty, napotykamy tę trudność, że niepodobienstwem iest nalać merkuryusza w tak cienką rurkę, iaką mieć powinien termometr. W tym celu rozpala się bańka na ogniu, przez co się powietrze rozrzedza, i w pewnej ilości z niej wychodzi, po tem zanurza się rurka, końcem otwartym w merkuryusz. W miarę stygnięcia bańki, powietrze kureczy się, a merkuryusz tłoczony przewyżką *prężności* powietrza atmosferycznego, iego miejsce zajmuie. Jedno ogrzanie, pospolicie do napełnienia rurki nie iest dostateczne, tyle razy więc powtarzać go należy, ile tego zachodzi potrzeba.

252. *Ostrożności w robocie termometrów*. Przy robocie termometrów, następujące *ostrożności* zachować trzeba:

Na przód. Merkuryusz powinien być doskonale czysty, a za tem dystylowany: gdyby bowiem nie używano zupełnie czystego; więc brano by go w rozmaitym stopniu nieczystości, co na iedno wychodzi, iakoby rozmaitych cieczy na termometry używano. A że cieczy różnych, *rozszerzalność* iest różna, l. 245; więc termometry takie, nie mogłyby z sobą być zgodne, to iest, w iednym zanurzone *ciele*, różne okazywałyby stopnie.

Po wtóre. Potrzeba z rurki wypędzić powietrze, i wszelką wilgoć, tem bardziej, że się ią, przez dmuchanie w rurkę, pod czas *przyprawiania* bańki wprowadza. Z tego powodu, skoro się pewna ilość merkuryusza do bańki wprowadzi; gotuje się w niej przez czas *nieiaki*, para przeto merkuryalna wypędza i powietrze i wodę. Za każdym wprowadzeniem nowej ilości merkuryusza, toż samo się powtarza; a

gdy przez rozszerzenie, metal całą rurkę wypełni, zalutowywa się i jej koniec. Z tego co dopiero powiedziano, okazuje się, że na termometry, merkuryusza przegotowanego używać trzeba, i domyśleć się łatwo, że wszelkie ciało lotne w termometrze, opiera się rozszerzaniu merkuryusza, a prócz tego jeszcze to sprawia, że się kolumna metalu w rurce dzielić może. Przerwy tej zniszczyć inaczey nie podobna, tylko uwiązując termometr końcem rurki na sznurku, i wprowadzając go w bieg kołowy: siła odśrodkowa dopiero łączy z sobą rozerwane części. Do tego samego także uciekaia się sposobu, gdy w barometrze kolumna merkuryusza przerwana.

Po trzecie. Rurka powinna być kalibryczna, to jest, wszędzie iednej średnicy, gdyż inaczey stopnie termometru, co do objętości, nie byłyby sobie równe, i z takich stopni nie moglibyśmy poznawać stosunku, iaki zachodzi w różnicach temperatur, czyli w różnicach gęstości cieplika wolnego. Abyśmy tę okoliczność, która w sobie całą naukę termometrów zawiera, należycie pojęli, uważmy, że merkuryusz rozszerza się proporecyonalnie do temperatury, czyli do gęstości cieplika wolnego, 1. 250, z powiększenia się więc objętości tego metalu, o powiększania się gęstości cieplika wolnego, wnosić możemy. I tak, gdy objętości merkuryusza przybywa, iak 1, 2, 3, 4, pewni być możemy, że gęstości cieplika wolnego przybywa także, iak 1, 2, 3, 4, Przypuśćmy, że wrzucamy pewną ilość merkuryusza do wody, mającej temperaturę zero — ogrzejmy cokolwiek wodę, a objętość merkuryusza powiększy się *np.* o linią sześcienną — jeżeli ją ogrzeiemy powtórnie; a znowu merkuryusza linia sześcienna przybędzie; wnosimy stąd, że wodzie drugie tyle, co w razie pierwszym, cieplika wolnego przybyło — za przyrośnięciem trzeciej, czwartej, linii sześcienniej merkuryusza,

przybędzie trzy, cztery, razy więcej gęstości cieplika. Chcąc przeto, żeby każdy stopień termometru, taki sam przybytek w gęstości cieplika wolnego oznaczał; każdy drugiemu co do objętości równy bydy winien, a warunkowi temu, przy równej długości stopni, inaczey stać się zadosyc nie może, tylko, gdy przecięcie czyli średnica rurki, wszędzie iednakowa będzie. W tym stanie rzeczy, gdy *np.* termometr w atmosferze wskazuje zero, a w iednej cieczy 10°; w drugiej 20°; w trzeciej 30°; pewnym bydy można, że różnicą w temperaturze, czyli w gęstości cieplika wolnego tych cieczy, będzie 1, 2, 3, Gdyby zastopnie termometru, nie były sobie co do objętości równe; z tej liczby stopni termometrycznych, nie możnaby tym sposobem wnosić, o różnicy w gęstości cieplika wolnego.

Kalibryczność rurki poznać się następującym sposobem, fig. 134: wpuszcza się w nią kropla merkuryusza, i mierzy się cyrklem waleczek *ab*, który stąd w rurce powstanie, po czym przesuwają się kropla tak, aby koniec *a* waleczka, przypadł w *b*, i znowu się mierzy. Przesuwają się następnie, tak iżby ten sam koniec *a*, stanął kolejno w *c*, *d*, *e*, *f*, i mierzy się za każdym razem. Jeżeli długości waleczek są równe; rurka jest kalibryczną. Tego samego używa się sposobu, do dzielenia rurek na objętości równe. Prócz tej iednostajności, rurka i bańka powinny być iak najcieńsze, ażeby prędko stygnąć, i prędko ogrzewać się mogły.

Po czwarte. Śnieg i woda, do oznaczenia punktów stałych brane, powinny być doskonale czyste, ostatnią więc przedystylować trzeba. Nad to, gotować ją należy w naczyniu metalowem, lub w szklanem, w którémby się kawałki iakiego metalu znajdowały. Nie trzeba także przyszłego termometru topić w wodzie, lecz tylko trzymać go nad nią w parze, wzię-

wszy ku temu stosowne naczynie, w śniegu zaś, nie tylko bańkę, lecz i całą tę część rurki zagrzebać trzeba, w której się merkuryusz znajduje. Na ostatku, punkt stały wróć wody, oznaczać należy w ciśnieniu atmosfery 76 centymetrów, a w przeciwnym razie, na każde 27 milimetrów powyżej, dodawać, a poniżej, odejmować trzeba jeden stopień, *np.* gdy barometr zamiast 760 milimetrów, wskazuje tylko 733; na ten czas przy punkcie wody wróć, będzie 99° zamiast 100° ; jeżeliby zaś parcie atmosfery 787 mil. wynosiło; na ten czas odległość punktów stałych, na 101 części równych dzielić wypada (1). Przyczynę wszystkich tych ostrożności, zobaczymy w nauce o zmianie stanów skupienia ciał.

253. Długość rurki. Dotychczas nie wspomnieliśmy jeszcze o długości rurki termometrycznej. Z natury rzeczy wypada, że objętość 2, 3, 4, razy większa, rozszerza się 2, 3, 4, razy bardziej: im przeto bańka większa; tém rurka termometru, przy téj saméj grubości, dłuższa być musi. Z nauki o rozszerzalności cieczy, wytłumaczyć sobie będziemy mogli, iaki między objętością bańki, a długością rurki zachodzić winien stosunek, lecz Mechanicy stosunek ten na oko poznają, z tego powodu powiemy tylko, że gdyby rurka, w stosunku do bańki, była zadługa; wtedy część pusta rurki, niepotrzebnieby zbywała, gdyby znowu była zakrótką; zero mogłoby wypaść na bańce, i podziałka zupełnie wyznaczyćby się nie dała. Podziałka albo się robi na osobnej tafelce szklanej, przy rurce umocowanej, lub na papierze, który wraz z rurką termometryczną, pokryty jest drugą rurką szklaną, do galki przylutowaną. Z tego, cośmy powiedzieli wypada, że im

(1) W liczbach okrągłych biorąc, cal barometryczny, odpowiada stopniowi termometru.

chcemy mieć stopnie dłuższe; tém bańka powinna być większa, lecz z powiększającą się średnicą bańki, nieczułość termometru wzrasta. Dla tego zamiast bańki, daie się walec, który niekiedy na kilka, i kilkanaście cali bywa długi. Gdy walec ten jest bardzo długi; zwija się w ślimak płaski, tym sposobem większa nawet masa merkuryusza, prędko ogrzewać się, i prędko stygnąć może.

254. Podziałki. Podziałka termometru, któryśmy opisali, iak widać, jest dziesiętna. Zrobił ją Celsyusz, po zaprowadzeniu systematu dziesiętnego we Francyi. Używają iéj tylko wyłącznie Fizycy, Chemicy, i inni badacze przyrodzenia, stałego ładu Europy (1), lecz dawniejsza, i z tego powodu daleko więcej upowszechniona, jest podziałka Réaumura (um. 1757), w której odległość punktów stałych, nie na 100, lecz tylko na 80 części jest podzielona: najniższy więc stopień nie -40 , lecz -32 , a najwyższy nie 340, lecz 272 wynosi, i na iéj 4 stopnie, idzie 5 Cels. Na téj zasadzie, łatwo jest w każdym razie przechodzić z iednego termometru do drugiego. I tak *np.* chcąc się dowiedzieć, iakiemu stopniowi Celsyusza odpowiada 45° Réaumura; układam proporcję:

$$4: 5 = 45: x; x = 45 \times \frac{5}{4} = 56\frac{1}{4}.$$

W przypadku odwrotnym, byłoby $x = 56\frac{1}{4} \times \frac{4}{5} = 45^{\circ}$; skąd wypada następujące prawidło: *chcąc stopnie Réaumura, na Celsyuszowe zamienić; stopnie dane mnożą się przez ułamek, którego licznikiem 5, mianownikiem 4, a gdy stopni Celsyuszowych szukamy, licznikiem powinno być 4, mianownikiem 5.* Dla ułatwienia pamięci, uważajmy, że gdy się szuka liczby mniejszej; na ten czas licznikiem czyli mnożnikiem, musi być liczba mniejsza, i odwrotnie. Z resztą pamiętajmy,

(1) I w niniejszej książce, statecznie używany jest ten termometr, w razie przeciwnym, wyraźne znajduje się ostrzeżenie.

że ile czwórek lub piątek mieści się w liczbie danej, tyle w liczbie szukaney musi być piątek lub czwórek. I tak np. gdy 40° raz jest liczbą stopni Réaumura, drugi raz Celsyusza; w pierwszym razie liczba szukaną będzie 50° , w drugim 32° , bo w 40 mieści się 10 czwórek a 8 piątek.

255. Termometr Fahrenheita. *Fahrenheit* nie tak odmienną podziałkę, iako raczej odmienny zrobił termometr, o którym iedynie dla tego mówić będziemy, że jest w Anglii używany. W termometrze tym zero nie jest temperaturą topniejącego śniegu czystego, lecz z solą pomieszanego, a wiedzieć trzeba, że mieszaniny takie topią się w daleko niższych temperaturach, od lodu lub śniegu samego. Jakoż podług tego termometru, śnieg czysty topnieje w temperaturze 32° , a od tego punktu, do punktu wody wracéj, jest jeszcze 180° , tak iż przy górnym punkcie stałym, 212 stopień przypada. Z tego powodu najteższy mróz, tylko 40 stopni u niego wynosi, a za to największe gorąco, liczbą 612 oznaczone. Jego zero odpowiada -17° , 77 Celsyusza.

Wiedząc, że 100 C., równa się 180 F., czyli że na 5° pierwszego, idzie 9° drugiego; za pomocą tych termometrów łatwo porozumieć się można, potrzeba tylko uważać: że, *dochodzić ile stopni iednego termometru, idzie na stopnie drugiego termometru, wcale co innego jest, a co innego rozwiązywać to zapytanie: stopień dany iednego termometru, któremu stopniowi odpowiada na termometrze drugim?*

W pierwszym razie postępuje się zupełnie tak, iak w zamianie stopni Celsyuszowych, na Réaumurów. I tak np. 40° C., czyni 72 stopni F., lecz stopień czterdziesty ciepła Celsyusza, odpowiada 104temu stopniowi ciepła u Fahrenheita, bo stopień 40sty Celsyuszów, jest 72gim u F., lecz nad 32gi stopień, nie nad zero: potrzeba więc do 72 dodać 32. Podo-

bnież -40° C., odpowiada -40 temu F., bo -40° C., jest naprzeciw 72go F., lecz rachowanego od $+32^\circ$; tę więc liczbę od znalezionej, odtrącić potrzeba. W ogólności, chcąc przejść z termometru dziesiętnego, do Fahrenheitowego, postępuje się tak, iak w zamianie stopni Celsyuszowych na Réaumura, lecz do znalezionej liczby, dodaie się 32, gdy są dane stopnie ciepła, a odejmuie się taż liczba, gdy idzie o zamianę stopni zimna. Z termometru Fahrenheitowego na Celsyuszów wracając, przede wszystkiém od liczby daney, odejmuie się 32, gdy stopnie ciepła zamieniać mamy, a dodaie się 32, gdy stopnie zimna zadane: dalej postępuje się, iak w zamianie stopni Celsyusza na Réaumurów.

Przypuściwszy, że mamy trzy termometry: Celsyusza, Réaumura, i Fahrenheita, których bańki i rurki są zupełnie tych samych wymiarów; na ten czas ich podziałkę fig. 135 wyobrażać będzie. Linie poziome, oznaczają podziałki, a pionowe, stopnie odpowiadające sobie, na wszystkich trzech termometrach.

256. Termometr alkoholowy. Ponieważ alkohol rozszerza się nieproporcjonalnie do gęstości cieplika wolnego; stopnie więc iego nie wyznaczają się z punktów stałych, lecz podług termometru merkuryuszowego, gdyż inaczéj termometr ten bardzoby się różnił od innych. Stopnie ciepła, a nawet pierwsze czterdzieści stopni zimna, nie są w tym termometrze potrzebne, gdyż się w termometrze merkuryuszowym znajdują, lecz oznaczone być muszą, bo temperatura atmosfery np. u nas do $+40^\circ$ na słońcu dochodzi. Gdyby więc rurka była krótsza; alkohol w téj temperaturze mógłby ją rozsadzić.

257. Termometr Ruterforta. Bardzo często zachodzi potrzeba, wiedzieć najwyższą lub najniższą temperaturę z pewnego czasu, np. z dnia, tygodnia, miesiąca, lub roku, ... a niepodobieństwem

jest, żeby przez tak długi przeciąg czasu, obserwator mógł ciągle śledzić i jej odmiany, z tego powodu Fizycy powymyślali takie termometry, które z każdego przeciągu czasu, zachowują ślad ostatecznych temperatur. Tego rodzaju termometr wystawia fig. 136. Składa się on z dwóch termometrów, pod kątem prostym zgiętych, i na iednej tablicy osadzonych. Górny jest alkoholowy, służy do okazywania temperatury najniższej, i w jego rurce znajduje się waleczek emaliowy, mniejszej cokolwiek średnicy, niż rurka. Dolny przeznaczony do temperatur najwyższych, jest z merkuryusza, i w nim znajduje się waleczek żelazny. Tablica spoczywa na postumencie pionowym, którego tylko ułomek na figurze oznaczony, i obracać się może koło osi poziomój.

Chcąc instrument ten do obserwacji nastawić; obraca się tablica, żeby jej nadadź kierunek pionowy w ten sposób, iżby krawędź *ef* poszła na dół: wtedy oba waleczki pospadaia na wierzchołki swych cieczech, lecz emaliowy zatrzyma się wewnątrz alkoholu, a żelazny zewnątrz merkuryusza. Po tém tablica odkręca się, i ustawia poziomo, iak figura wskazuje. Za zmianą temperatury, i waleczki zmieniaia swe miejsca. Gdy się merkuryusz rozszerza; pcha przed sobą waleczek żelazny. Gdy się alkohol kureczy; siłą włoskowatości ciągnie za sobą emaliowy waleczek. Gdzie więc najdáléj w ciągu pewnego czasu będzie merkuryusz; tam zostawi żelazo, a gdzie najbliżej alkohol; tam emalią opuści. Liczby odpowiadające miejscom pobytu waleczków, oznaczaią temperatury ostateczne tego czasu, przez który termometr był w ruchu. Samo przez się rozumi się, że podziałki są tu zwyczajnym sposobem oznaczone.

258. Ruchy termometryczne w atmosferze. Ruchy te, podobnie iak barometryczne są dwójakie: *przypadkowe i peryodyczne*: ostatnie są znowu

dziennie i roczne. W ogóle mówiąc, co dzień od wschodu słońca, do 2ej godziny po południu, i co rok od Stycznia do Lipca, temperatura się podnosi, a spada co dzień od 3ciej po południu, do wschodu słońca, corocznie zaś od Lipca do Stycznia. Odmiany te pod równikiem są nieznaczne, bo tam różnica między najniższą a najwyższą temperaturą, w ciągu całego roku, zaledwo 5ciu stopni dochodzi. Z szerokością geograficzną dopiero te różnice, podobnie iak i barometryczne, wzrastaią.

Średnie wypadki tym samym szukaią się tu sposobem, co barometru, lecz doświadczenie okazało, że *średnia dzienna*, przypada między 8ą a 9ą godziną ranną, i że się równa połowie najwyższej i najniższej temperatury dziennéj, czyli summie temperatury przed samym wschodem słońca, i między 2gą a 3cią godziną po południu, podzielonéj przez 2. *Roczna* znowu jest taka sama, iak średnia Października, a *średnią miejsca* w naszym klimacie, daie temperatura wody w studni, około 6 sążni (10 metrów) głębokiéj, w pasie gorącym, temperatura ziemi, w głębokości 14 cali ($\frac{1}{3}$ metra).

Z dwudziestoletnich obserwacji P. Magiera, októrych iuż, z powodu nauki o barometrach, wspomniełiśmy, następujące dla Warszawy otrzymano wypadki (1). Obserwacye te czynione były w cieniu.

Średnia miejsca . . .	60,73	czyli	50,39	R.
— najwyższa . . .	30,67	—	24,54	
— najniższa . . .	22,50	—	18,02	
Ruch średni za tém . .	53,27	—	42,56	
Najwyższa bezwzględna	35,00	—	28,00	
Najniższa —	31,25	—	25,00	
Ruch największy za tém	66,25	—	53,00	

(1) Wypadki te znajduia się w *Pamiętniku Umiejętności czystych i stosowanych*, w Tomie 1, Zeszyte 1, ze Stycznia, 1829 r. stron. 69.

Największy upał na ziemi wynosi 46 stop. C. czyli przeszło 36 R.

Największy mróz nie przechodzi 50° C. czyli 40 R.

Największe zimno sztuczne do 90° C. dochodzi, a gorąca największego, iakie pod czas palenia się wodorodu powstaie, temperatura nie iest znana, w płomieniu bowiem tego gazu, każde ciało użyte za termometr, płonie, topi się, lub ulatnia.

TERMOMETRY STAŁE, CZYLI PYROMETRY.

259. Pyrometr Wedgwooda. Niepokonana dotąd zachodzi trudność, w budowaniu pyrometrów, z powodu topliwości i nie proporcjonalnej ciał rozszerzalności, tudzież z tego względu, że ciało na podziałkę użyte, w wysokich temperaturach, samo się znacznie a nie proporcjonalnie rozszerza. Najwięcej upowszechnionym iest waleczek gliniany, który po wypaleniu do czerwoności, na 12,7 millimetra iest gruby, a na 14 do 15 millimetrów długi. Podziałką iego iest metalowy rowek, w iednym końcu, tak iak waleczek szeroki, w drugim na 7,62 millimetra, długi na 609,592 millim. (około 12 cali), a na 240 części równych podzielony: zero znajduje się w końcu szerszym. Wedgwood robił go z białej gliny kornwalskiej, do której połowę wagi czystej glinki dodawał. Budowa iego polega na téj zasadzie, że glina na działanie ognia wystawiona, zmniejsza się (nie kureczy), na przód z powodu pozbywania się wilgoci, a potém zapewne, z przyczyny zachodzących połączeń chemicznych, pomiędzy piaskiem, gliną, i wapnem, z których się prawie całkowicie składa.

Doświadczenie robi się, iak następuje: rzuca się waleczek w ognisko, którego mocy doświadczyć chcemy, a gdy temperatury iego dosięże, puszcza się po tém w rowek, końcem szerszym. Liczba na której stanie; oznacza stopień tego pyrometru. Chcąc np,

dociec temperatury topienia się miedzi; walek kładzie się z nią w tygiel, a po stopieniu, wyjmie się, i puszcza w rowek. Stopień 17, po który się zatrzyma, będzie temperaturą topliwości miedzi. Zwyczajnie waleczek ten kładzie się do ognia w osobnym tygielku, aby nie zaginał, lub się z innemi ciałami nie połączył chemicznie.

Stosunek stopni tego pyrometru, do stopni termometrycznych, nie iest znany, dla tych samych powodów, dla których i pyrometry dokładne, nie są znane, zgodzono się tylko, ażeby na ieden iego stopień, 72 Celsyuszowych rachować, i że zero odpowiada 580^{mu} stopniowi. Na téj zasadzie można zamieniać stopnie pyrometryczne na termometryczne, pamiętać tylko potrzeba, takie dodawanie lub odejmowanie liczby 580 odbywać, iak przy zamianie Fahrenheitowych stopni. Sto np. stopni pyrometrycznych, waży 7200 termometrycznych, lecz setny stopień Wedgwooda, odpowiada 7780^{mu} Celsyusza. Na odwrot: 1300 stopni Celsyuszowych, równa się prawie 18 stopniom Wedgwooda, a tylko 10^{mu} odpowiada.

TERMOMETRY LOTNE.

260. Termoskop. Fig. 137, dla tego tak nazwany, że służy do okazywania różnicy, zachodzącej w temperaturze dwóch ciał, różnicy tak maliej, że iej iuż termometr zwyczajny, dla maliej rozszerzalności merkuryuszu, okazać nie iest w stanie. Są to bańki szklane *a, b*, parę cali w średnicy trzymające, połączone rurką *acdb*, dwa razy pod kątem prostym zgiętą, w której znajduje się odrobina merkuryuszu, lub wiotryolu, za skazówkę służąca. W bańkach tych zawarte powietrze, iest termometrem. Na poziomie cieczy kładzie się zero. Gdy chcemy wiedzieć, czy temperatura wody w dwóch naczyniach iest zupełnie ta sama, lub czy tylko w termometrze merkuryuszowym różnicy dostrzedz nie możemy; postawilibyśmy

termomskop ten pomiędzy naczyniami, tak aby iedna kulka była najbliżej iednego, a druga drugiego naczynia, lecz żeby razem odległości obudwu od swych naczyń, były równe. Jeżeli temperatura w obudwu taż sama; kropla ze swego zera nie zejdzie, w razie przeciwnym, postąpi w stronę zimniejszego naczynia, bo powietrze, ogrzewane od strony cieplejszego naczynia, rozszerza się, i pcha kroplę przed sobą. Ażeby zaś temperatura iednego naczynia, nie wpływała i nie zmieniała temperatury obu kulek, dla tego pomiędzy niemi znajduje się przegroda *mn*.

ROZDZIAŁ II.

O ROZSZERZALNOŚCI.

261. Przez rozszerzalność nie tylko się rozumie własność, że się ciała rozszerzają od ciepłika, ale i ta ilość, o którą się ciało rozszerza, będąc ogrzane o 1 lub 100° nad zero. Ilość ta wyraża się w części wymiaru ciała na zero. Gdy *np.* pręt szklany, długi na 11133 linii w temper. 0°, po ogrzaniu do 100°, przedłuży się o 9 linii; rozszerzalnością szkła nie będzie $\frac{9}{11133}$, lecz wyrażenie to skraca się do tego stopnia, ażeby w liczniku była 1. To uskutecznia się, dzieląc obie części ułamku przez licznik. Tym sposobem powyższy ułomek dzieląc przez 9, zamienimy go na $\frac{1}{1237}$, co znaczy, iż wszelki pręt szklany, odmierzony na zero, i ogrzany do 100°, przedłuży się $\frac{1}{1237}$. Podług tego, iak ciało ogrzewamy na 1 lub na 100° nad zero, rozszerzalność jest *stopniowa* i *stustopniowa*. Ponieważ pierwsza z tych rozszerzalności jest 100 razy mniejsza; mnożąc ją za tём przez 100; otrzymamy rozszerzalność *stustopniową*, a tę dzieląc przez 100, otrzymamy rozszerzalność *stopniową*. Tak więc rozszerzalnością *stopniową* szkła, będzie

$$\frac{1}{120700}.$$

262. Rozszerzalność jest *iedno*, *dwu*, i *trzywymiarowa*, czyli rozszerzalność długości, powierzchni i objętości. W płynach, dochodzi się tylko rozszerzalności sześciennój, ta albowiem iedynie w zastosowaniu jest potrzebna. W ciałach stałych znowu, lubo znajomość wszystkich rozszerzalności jest użyteczna; szuka się tylko rozszerzalności liniowej, z téj dopiero przechodzi się do rozszerzalności dwu i trzywymiarowej. Działanie to uskutecznia się na téj zasadzie, że wszystkie ciała, prócz krystalizowanych, iednako się rozszerzają wszcz, wdluż i wgrusz.

263. Rozszerzalność powierzchni jest podwójną długości. Niech będzie ciało, którego długość w temperaturze zero wynosi 1, *np.* łokieć, sążeń, niech iego rozszerzalnością *stustopniową* liniową będzie $\frac{1}{1000}$. Długość tego ciała w temperaturze 100°, wynosić będzie $1 + \frac{1}{1000}$. Gdy pomieniona iedność będzie bokiem kwadratu; powierzchnia tego kwadratu w temperaturze zero, wyrazi się także przez iedność, będzie to *np.* łokieć, sążeń kwadratowy, gdy tym czasem w temperaturze 100°, powierzchnia ta zamieni się na

$$\left(1 + \frac{1}{1000}\right)^2 \text{ czyli na } 1 + \frac{2}{1000} + \frac{1}{1000000}.$$

Od powierzchni téj, odtrąciwszy powierzchnią w temperaturze zero, czyli iedność; na rozszerzalność powierzchni zostanie $\frac{2}{1000} + \frac{1}{1000000}$. Lecz ułomek $\frac{1}{1000000}$, dla bardzo malej wartości, opuszczony być może, ostatecznie więc, rozszerzalnością powierzchni *rzeczonego* ciała, będzie $\frac{2}{1000}$, który to ułomek jest podwojeniem ułamku $\frac{1}{1000}$, będącego rozszerzalnością długości tego ciała.

264. Rozszerzalność sześcienna jest potrójną długości. Podobnie, gdy początkowa iedność będzie krawędzią kostki; bryłowatość ciała w temperaturze zero, wyrazi się jeszcze przez iedność, będzie to np. lokiec, sążeń,..... sześcienny: lecz w temperaturze 100°, iedność ta zamieni się na

$$\left(1 + \frac{1}{1000}\right)^3, \text{ czyli na } 1 + \frac{3}{1000} + \frac{3}{1000000} + \frac{1}{1000000000}.$$

Od tego sześciannu, odtrąciwszy sześciann, w temperaturze zero czyli 1, i opuściwszy dwa ostatnie, mało znaczące ułamki; na rozszerzalność sześcienną tego ciała, wypadnie $\frac{3}{1000}$, która to ilość jest potrójną ilości $\frac{1}{1000}$.

265. Rozszerzalność pozorna i prawdziwa. Średnią temperaturą, w której człowiek swe zatrudnienia odbywa, jest 15°, w tej więc temperaturze wszelkie miary są robione. Jeżeli za tym mierzymy ciało w temperaturze 0°; miara się kureży, a gdy go mierzymy na 100°; miara się przedłuża. W ostatnim razie iednostki tej są większe od pierwszych, a ponieważ rozszerzalność ciał w ogóle mówiąc, jest bardzo mała; uchybienie więc stąd pochodzące, jest tak wyraźne, że go zaniedbać nie można. Podobnie, gdy dochodzimy rozszerzalności ciał lotnych, musimy ię brać w temper. 0°, a potem ogrzewać do 100°. W ten czas i naczynie się rozszerza, a za tym powiększa swoją objętość, przybytek więc płynu, zawsze się okazuje mniejszy od prawdziwego. Takim sposobem znajdowana rozszerzalność, nazywa się *pozorną*. Jest ona tylko, iak widzimy, przewyżką rozszerzalności ciał nad rozszerzalność miar i naczyń, gdy tym czasem rozszerzalność *prawdziwa*, oznacza ilość, o którą się ciała rzeczywiście rozszerzają. Jak się ta rozszerzalność w ciałach stałych znajduje, zaraz powiemy,

dodamy tu tylko, że w płynach dochodzi się rozszerzalności pozornej, ta dopiero, za pomocą znanj rozszerzalności prawdziwej ciał stałych, rachunkiem się na prawdziwą zamienia.

266. Dochodzenie rozszerzalności ciał stałych. Jeden ze sposobów, dochodzenia rozszerzalności prawdziwej ciał stałych, może być następujący, fig. 138. Niech będzie pręt poziomy *ab*, którego rozszerzalności szukamy. Do końców iego przytwierdza się dwie linie pionowe *ac*, *bd*, dostatecznie długie, by końce górne nie doznawały odmian w temperaturze: na liniach tych, w równej wysokości oznaczają się punkta *c*, *d*, na wewnętrznych płaszczyznach, a odległość tych punktów od siebie, w każdym razie daie długość pręta, nie zależną od iego temperatury. Temperatura 0° i 100° nadaie się prętom w olein, nad którego powierzchnią, sterząc końce linii pomienionych.

267. Rozszerzalność cieczy. Bierze się kolba szklana, czyli bania z długą a cienką szyją, i stawia się w naczynie, w którym znajduje się woda z lodem. Nalewa się w nią cieczy, a w miarę iak się przez ziębienie kureży i opadać będzie; dolewa się, tak iżby mieć banię, pełną rozcieku w temperaturze zero. Gdy to nastąpi; waży się bania z cieczą, od wagi tej odtrąca się waga bani, i zapisuje się waga samj cieczy. Po tym kolba stawia się znowu w wodę wrzącą, ażeby cieczy nadadź temperaturę 100°. Przez to ogrzanie ciecz rozszerzy się, i w części uleie się z bani. Gdy się już cały przybytek, z tego rozszerzenia pochodzący, wyleie; bania wyjmnie się, studzi, i waży, a różnica tej wagi, i poprzedzającj, da poznać wagę cieczy, ubyłej przez rozszerzenie, w temperaturze 100 stopni. Różnica ta podzielona przez wagę pierwszą, będzie rozszerzalnością pozorną cieczy. Nie trzeba się dzi-

wić, że tu o wagach jest mowa, zamiast o objętościach, waga bowiem w tém samym ciecie, idzie w stosunku prostym objętości, iedno więc za drugie brać można, ważenie zaś iest dokładniejsze od mierzenia.

Gdy pod czas tych doświadczeń zanurzamy kolbę w wodzie wrząc, z początku ciecz w szyi opada, po tém dopiero się wznosi, i przelewa przez brzegi. Przyczyna tego iest, iż naczynie wprzód się od cieczy ogrzewa, wprzód więc objętość swoją od cieczy powiększa, a postrzeżenie to naucza, że ubytek cieczy w temperaturze 100° , iest za mały, i że tym sposobem znaleziona rozszerzalność, iest pozorną. Gdyby się bowiem tylko sama ciecz rozszerzała, a naczynie zostało przy swojej objętości; daleko więcej ułoby się cieczy, większą za tém znaleźlibyśmy różnicę, i większą rozszerzalność rozcieku. Jak się w téj mierze czyni poprawka, w dalszym ciągu téj nauki zobaczmy.

268. Rozszerzalności gazów dochodzi się tym samym sposobem: bierze się bańka lub walec szklany z długą rurką, i waży się — napelnia się merkuryszem bańkę, i bardzo małą część rurki, punkt ten, po który tego metalu nalano, oznacza się na rurce, i waży — odtrąciwszy wagę pierwszą od drugiej; a resztę zamieniając na objętość, poznamy objętość walca z częścią rurki — dolewa się merkuryszu dla wypelnienia całej rurki, waży się ieszcze, i z wagi téj poznaie się objętość rurki, tudzież stosunek téj objętości do objętości walca — dzieli się po tém rurka na części, co do objętości równe, l. 252, i w temper. zero wpuszcza się gazu do walca, po punkt naznaczony, przy którym zostawia się kropła merkuryszu, za skazówkę i razem zatyczkę służyć mającą — ogrzewa się zwolna, i co stopień, przybytek objętości uważa, poprawiając go rozszerzalnością szkła rurki.

269. Z doświadczeń tych okazało się:

Na przód, że ciała stałe najmniej, a lotne rozszerzają się najwięcej, tak dalece, że ciało stałe najrozszerzalniejsze, iakim iest cynk, mniej się ieszcze rozszerza od cieczy najmniej rozszerzalnej, iaką iest żywe srebro. Ciała lotne znowu, nieporównanie bardziej rozszerzają się od cieczy najrozszerzalniejszej. Jakoż, rozszerzalność stustopniowa trzywymiarowa cynku, najrozszerzalniejszego z ciał stałych, wynosi tylko mało co więcej nad $\frac{1}{1000}$, gdy tym czasem merkuryszu blisko $\frac{1}{60}$, a ciał lotnych przeszło $\frac{1}{3}$.

Po wtóre. Same tylko gazy rozszerzają się iednako, i w stosunku do temperatury, tak iż wszystkich rozszerzalnością sześcienną stustopniową iest $\frac{1}{273}$ czyli 0,375, stopniową zaś $\frac{1}{27300}$ czyli 0,00375; to iest, że kwarta, garniec, cal sześcienny,.... każdego gazu, odmierzony (koniecznie) w temperaturze zero, i ogrzewany, co stopień ieden (Celsyusza), powiększa się o $\frac{1}{273}$, czyli 0,00375 części kwarty, garnca, cala sześciennego....., tak iż wzięwszy rozmaitych gazów w temperaturze zero, lub w iakiéjkolwiek innéj, objętości równe, i podnosząc lub zniżając ich temperaturę, o równą liczbę stopni; gazy te nie przestaną być sobie co do objętości równe. Prawo to nosi nazwisko *Gay-Lussaca*, ponieważ Fizyk ten niemylności iego ostatecznie dowiódł.

Po trzecie. Ciała stałe i rozcieki nie rozszerzają się, ani iednakowo, ani stosunkowo do temperatury, to iest, każdego rozszerzalność iest inna, iak to wskazuje niżej podana tabliczka, i na każdy stopień temperatury, różna, albowiem co raz prędzej wzrasta, w porównaniu z temperaturą, tak iż np. w drugich dziesięciu stopniach nad zero, iest większa, niż w pierwszych: w trzecich, to iest, od 20° do 30° znowu większa, niż w drugich, a mniejsza niż w czwartych. .. Szkło np. od zera do 100° , rozszerza się

na $\frac{1}{1162}$; od 100° do 200°, na $\frac{1}{1089}$, a od 200° do 300° na $\frac{1}{287}$.

Tym sposobem, ściśle mówiąc, objętości ciał stałych i cieczy, w téj tylko temperaturze są sobie równe, w której są brane: podniosłszy zaś, lub zniżywszy ich temperaturę o równą liczbę stopni; objętości ich równemi być przestają. Z tém wszystkiém, rozszerzalność ciał stałych od -36° do 150° , a cieczy w temperaturach odległych od wrzenia, i zsiadania się, z małym uchybieniem, za proporeyonalną do temperatury uważać można, a okoliczność ta w zastosowaniu jest nader wielkiej wagi.

Tablica stustopniowej, prawdziwej rozszerzalności liniowej ciał stałych, w ułamkach zwyczajnych i dziesiętnych.

Szkło w laskach	rozszerza się o iednę	1237=0,00080833
Flintglas angielski		1248=0,00081166
Platyna		1167=0,00085655
Flintglas francuzki		1147=0,00087199
Szkło w rurkach bez ołowiu		1142=0,00087572
Stal nie hartowana		926=0,00107880
— hartowana		807=0,00123956
Żelazo w szynach		901=0,00111000
— miękkie kute		819=0,00122045
— w drutach		812=0,00123504
Bismut		719=0,00139167
Złoto lane		654=0,00152812
Miedź		584=0,00171220
Mosiądz		535=0,00186670
Srebro topione		524=0,00190974
Cyna		403=0,00248333
Olów		351=0,00284836
Cynk		340=0,00294167
— wyciągnięty o $\frac{1}{2}$ na kowadle		322=0,00310833

Tablica stustopniowej, pozornej rozszerzalności cieczy w szkłe, w ułamkach zwyczajnych, i dziesiętnych.

Woda rozszerza się o iednę	22=0,0466
Kwas solny (c.g. 1,137)	17=0,0600
Kwas saletrowy (c.g. 1,40)	9=0,1100
Kwas siarczany (c.g. 1,85)	17=0,0600
Eter siarkowy	14=0,0700
Oliwa i olej lniany	12=0,0800
Oleiek terpentynowy	14=0,0700
Woda osolona do nasycenia	20=0,0500
Alkohol	9=0,1100
Merkurysz	64=0,0156

Po czwarte. Z ciał stałych, drzewo w kierunku poprzecznym do włókien, rozszerza się widocznie, lecz w kierunku długości tak mało, iż go fizycznie za nierozszerzalne uważać można, i z tego powodu na miary długości, podziałki, i pręty wahadłowe, nawet do zegarów astronomicznych jest używane.

Po piąte. Zpomiedzy cieczy, najregularniej rozszerza się merkurysz, bo rozszerzalność jego między -36 a 100° jest zupełnie proporeyonalna do temperatury, powyżey dopiero co raz bardziej rośnie. Z tego powodu termometr merkuryszowy, do ściślejszych doświadczeń tylko po setny stopień może być używany. Prawdziwa tego metalu rozszerzalność stustopniowa wynosi $\frac{100}{5550}$, czyli 0,01802, a za tém stopniowa $\frac{1}{5550}$, gdy tym czasem stustopniowa pozorna w szkłe $\frac{100}{6479}$, a takąż stopniowa $\frac{1}{6479}$.

Po szóste. Ze wszystkich znown cieczy, najniefremniej rozszerza się woda: od zera bowiem do 4° , i objętość iey zmniejsza się, a od téj dopiero temperatury powiększa się, tak iż w temperaturze 8 stopni, tę samą objętość przybiera, co w temperaturze topniejącego lodu. Prawdziwą iey rozszerzalnością stopniową, średnią, odniesioną do temperatury 4° , i, jest

około 0,00029. W tej to temperaturze tylko, centymetr sześcienny wody, waży gram, i na odwrót, w każdej innej gram więcej iak centymetr, a centymetr, mniej iak gram znaczy. W temperaturze tej na reszcie, powietrze nie siedm set siedmdziesiąt, lecz siedm set ośmdziesiąt ieden razy iest od wody lżejsze.

Ze woda w temperaturze 4,1 iest najgęstsza, następującem doświadczeniem przekonać się można. Bierze się szklanka wysoka, w dwóch różnych wysokościach mająca dwa otwory, dla zasadzenia w nie termometrów poziomo. Pomiędzy termometrami, w środku wysokości, na szklance tej osadza się naczynie metalowe, z dnem stosownie przedziurawionem, tak iżby otaczało szklankę. Tamto napelnia się mieszaniną oziębiającą, ta zaś wodą. Po niejakim czasie, termometr nad mieszaniną oziębiającą będący, spada ciągle do zera, gdy niższy, pod tą mieszaniną ieszcze 4° wskazuje. Dla tego, gdy woda, mająca temperaturę zero, będzie zpod spodu ogrzewana; warsta iej na dnie naczynia będąca, dopóty się w górę nie wznosi; dopóki temperatury 4° nie przejdzie.

Z tej nieforemności w rozszerzaniu się wody pochodzi, że dna niektórych jezior, temperaturę 4° stalecznie zachowują, w morzu iednak nie ma tak nieporządnego temperatury rozkładu, bo woda morska na zero iest najgęstsza. Jakoż dodając co raz więcej soli wodzie słodkiej; iej gęstość największa co raz bardziej spada, aż na reszcie przenosi się do zera. Taż sama okoliczność tłumaczy powstawanie tak zwanych *studni lodowych*, które w Alpach postrzegać się dają. Ponieważ lód ma wszędzie iedną temperaturę, i powierzchnią płaską, wszędzie więc topi się równo, lecz gdy w jakim miejscu zjawi się roślina lub ciało drobne; ciało to ogrzewając się, ciepłem swém topi lód prędzej: koło niego tworzy

się na przód dołek, w którym gdy się woda zbierać zacznie; w miarę iak dostępuje temperatury 4°; na dno opada, i ciepłem swém topienie lodu przyspiesza.

270. Termometr Brégueta. Fig. 139. Termometrem tym iest blaszka, w śrubę zwinięta, złożona z trzech metalów: srebra, które tu iest najrozszerzalniejsze, i wewnątrz śruby położone: z platyny, najmniej rozszerzalnej i tworzącej powierzchnią śruby zewnętrzną, tudzież ze złota, którego rozszerzalność i miejsce, pomiędzy tamtymi dwoma metalami pośrednie. Śruba ta iest zawieszona pionowo, a na dolnym końcu ma skazówkę poziomą, pod którą znajduje się koło z podziałką. Stopnie wyznaczają się tu podług termometru merkuryuszowego. Gdy się temperatura podwyższa; śruba się rozkręca, bo srebro wewnątrz niej będące, rozszerza się najwięcej. Gdy temperatura spada; śruba się zwija, bo pomieniony metal najbardziej się kurezy. Czułość termometru tego iest nadzwyczajna: dziewięć razy prędzej odmiany w temperaturze skazuje, niż termometr merkuryuszowy. Istotnie, dwa tylko metale są tu potrzebne: złoto iedynie dla tego przydają, ażeby różnicę zbyt wielką, w rozszerzalności platyny i srebra złagodzić, a przez to zapobiedz rozrywaniu się blaszek, które tylko przez sprassowanie są spione z sobą.

271. Kompensatory. W nauce o wahadłach powiedzieliśmy, że od niezmiennej długości wahadła, regularność zegarów zawisła, z powodu rozszerzalności tym czasem, warunek ten zachowany byź nie może, na zimę albowiem, zwłaszcza u zegarów wieżowych, wahadła się skracają, a przedłużają na lato. Niedogodności tej zaradza się, robiąc wahadło z ram różnometalowych, iak fig. 140 wskazuje, gdzie rama żelazna *a b c d*, stale przytwierdzona do żelaznego pręta *e f*; na podstawie *dc* wspiera się mosię-

zna rama *ghik*, w bok dopiero *hi* iest wśrubowany pręt *ml*, który iest dalszym ciągiem wahadła *ef*. W punkcie *o*, pręt ten chodzi zupełnie wolno. Tym sposobem pręty żelazne *fe*, *ad* czyli *bc*, tudzież *lm* na dół, mosiężne zaś *gh*, *ki*, tylko do góry przedłużać się mogą. Jeżeli więc pręty mosiężne, o tyle do góry środek wahań podnoszą, o ile go żelazne przez swoje rozszerzanie się spuszczaia; długość wahadła nie zmienna zostaje. Ażeby się warunkowi temu stało zadosyć; długość iednych prętów, *np. fe+ad+ml*, względem drugich, czyli względem *hg*, powinna być w stosunku odwrotnym rozszerzalności liniowej metalów. Zegary z takimi wahadłami, w ciągu roku tylko o pół sekundy chybiać mogą. W zegarach pospolitych okoliczności tej zaradza się, dając wahadłom soczewkę ruchomą, i podnosząc ją na lato, a opuszczając na zimę, lub gdy tego zachodzi potrzeba.

W podobny sposób zaradza się zegarkom kieszonkowym, przyprawiając wahadlowym kółkiem blaszki *p, p*, f. 141, złożone z dwóch metalów: żelaza, mniej rozszerzalnego, i stanowiącego łuk wewnętrzny, tudzież z miedzi, która iest rozszerzalniejsza, i tworzy łuk zewnętrzny. Gdy się temperatura podwyższa; promienie wahadlowego kółka przedłużaia się, i odciągają środek wahań od osi, a krzywiące się blaszki, o tyleż go do niej zbliżaia. Mechanizmem tym dokazać można, że nawet zegary przenośne, tylko o sekundę na rok chybiać mogą. W ten sposób zegary astronomiczne ruchome, i tak *np.* morskie (*chronometry*), urządzone bywaia.

Inne zastosowania rozszerzalności ciał. Znaomość rozszerzalności ciał iest wielkiej wagi w przemyśle, i we wszelkiego rodzaju budownictwie. Mianowicie tam, gdzie wchodzi różnorodność materiałów, szczególniejszą nań uwagę zwracać na-

leży, tém bardziiej, że siła iej często nie zwyczajone pokonywa zapory. Przykładem wielkości tej siły byđż może rozszerzanie się lodu. Woda marznąca, nie tylko żelazem pobijane naczynia, ale i skały rozsada, i w tym celu tak iak proch używana byđż może. Robione we Florencyi doświadczenia okazały, że gdy woda marznie; może rozsadzić kulę złotą, na której rozdarcie potrzeba siły, blisko 14000 kilogramów, a w gmachu sztuk i rzemiosł w Paryżu, siłą tą mur pochylony naprowadzono do pionu. Dzieło to wykonano sposobem następującym. Powybijano otwory w ścianie pochylonej, i w przeciwniejszej, przez te otwory poprzeciągano żelazne drągi, z gwintami po końcach. Na końce, zewnątrz gmachu wystające, pozakładano mutry, i te do murów należycie dośrubowano. Rozpalono po tém drągi, i w miarę przedłużania się ich, dośrubowywano muter. Na koniec odsunięto ogień, a kurczące się drągi, naprowadziły mur do pionu.

Ta sama siła rozsada także nie tylko piece zwyyczajne, lecz i piece hutnicze, których grubość nie raz kilka stóp wynosi, a prócz tego są ieszcze szynami żelaznemi, lub drewnianemi belkami pościągane. Ta siła podobnież rozsada kotliny, rozrywa cynkowe dachy, gnie i łamie długie rury, i metalowe pręty, a ruina w tej mierze tém większa, im długość i zmiana temperatury większa. Często także rozmaite przedmioty metalowe, ze swych futerałów albo wyiąć, albo w nie wsunąć się nie daia; i tego przyczyną iest nie równa rozszerzalność futerału i przedmiotu. Niezgodność pomiarów topograficznych, wykonywanych zwłaszcza w różnej porze roku, nie tylko zapewne z niedokładności roboty, lecz i z różnej rozszerzalności łańcuchów mierniczych pochodzi. Z tego powodu w mierzeniu południka ziemskiego we Francyi, ścisły wzgląd na tę okoliczność dawano.

Przyczyna pęknięcia szkła na ogniu, tu także swój początek bierze. Gdy w naczyniu szklane, nalewamy ukropu, lub gdy go stawiamy na ogniu; nigdy się od razu całe iednakowo ogrzać, i rozszerzyć nie może, lecz z początku ta tylko część się ogrzewa i rozszerza, która bezpośrednio na działanie ognia jest wystawiona. Gdy więc reszta w pierwotnym zostaje skupieniu; stąd pochodzą ciągnięcia się cząstek w strony przeciwnie, a to już jest dostateczne do sprawienia rysy. Dla tego to naczynia szklane, do ognia przeznaczone, są zawsze bardzo cienkie, i równiej wszędzie grubości. Gdyby bowiem tych przymiotów nie posiadały; nie ogrzewałyby się od razu w całości, i od razu nie rozszerzały całe. Okoliczność ta tłumaczy znowu ich kształt kulisty, gdyby bowiem były zaopatrzone dnami, nie mogłyby wszędzie mieć iednakowej grubości. Okoliczność ta tłumaczy ieszcze, samowolne pęknięcie szyb w oknach, tudzież, iakich szklanek do ukropu dobierać należy, i dla czego iak najprędzej napelniać ie trzeba. Łyzeczka i cukier są tu także pomocne, studząc ukrop, czego przyczynę na swém miejscu poznamy.

OBRAČHOWYWANIE ROZSZERZALNOŚCI CIAŁ.

272. Ogólny wzór na wyznajdowanie wszelkich wymiarów ciała w każdej temperaturze, iest następujący:

$$x = q \frac{(1 + dt')}{(1 + dt)}; \text{ gdzie}$$

- x , iest wymiar szukany,
- q , ilość dana, która może tu być długością, powierzchnią, lub objętością,
- t , temperatura ilości q , danój,
- t' , temperatura ilości x , szukanej,
- d , rozszerzalność stopniowa, która może być linią, powierzchnią lub objętością, podług tego iak q iest ilością, iedno, dwu, lub trzywymiarową.

Formuła ta dla ciał lotnych służy bez zadnego ograniczenia, i wtedy $d = 0,00375 = \frac{1}{267}$; — dla ciał stałych iedynie między 36° zimna, a 150° ciepła — dla cieczy zaś tylko w temperaturach, znacznie odległych od wrenia i marznienia, wywód iej bowiem, iak to zobaczymy zaraz, na tém polega przypuszczeniu, że rozszerzalność ciał iest proporecyonalna do temperatury, czyli że się każde ciało, na każdy stopień temperatury, o tę samą ilość rozszerza. Wiemy tym czasem l. 269, że taką rozszerzalnością same tylko ciała lotne są obdarzone.

Wywód tego wzoru. Ponieważ objętości gazu, wziętej w temperaturze lodu topniącego, co stopień przybywa 0,00375 części; więc np. kwarta gazu, odmierzona w temperaturze 0°; w temperaturach iednego, dwóch, trzech stopni nad zero, zamieni się na kwartę $1 + 0,00375$ kwarty; $1 + 0,00375 \times 2$; $1 + 0,00375 \times 3$;... a w temperaturze t stopni, wzrośnie na $1 + 0,00375 \times t = 1 + 0,00375t$ kwarty.

Przypadek I. Gdybym więc miał 10 kwart, czyli objętość q na zero, i chciał się dowiedzieć, co się stanie z tą objętością w temperaturze t ; takbym rozmował: gdy z kwarty na zero, w temperaturze t staje się $1 + 0,00375 t$; to z q na zero, będzie x , czyli

$$1 : 1 + 0,00375 t = q : x; \text{ stąd} \\ x = q(1 + 0,00375t)$$

Spółczynnik 0,000375, rozszerzalności gazów, oznaczwszy w ogólności przez d , aby dla wszystkich ciał mógł służyć; wzór ten zamieni się na następujący:

$$x = q(1 + dt) \dots \dots (A).$$

Prawidło I. Gdy więc ilość daną, z zera do pewnej temperatury nad zero przeprowadzić chcemy; potrzeba ją mnożyć przez 1, powiększoną iloczynem z rozszerzalności stopniowej, przez temperaturę.

Przypadek II, Gdyby q było dane, nie w temperaturze zero, lecz w pewnej temperaturze t ; a chciał-

bym się dowiedzieć, co się z niemi stanie na zero; rzekłbym: gdy $1+0,000375 t$, odmierzone w temperaturze t ; w temperaturze lodu topniejącego zamienia się w kwartę; q zamieni się w ∞ , czyli

$$1+0,000375 t: 1=q:\infty; \text{ skąd}$$

$$\infty = \frac{q}{1+0,000375 t}; \text{ a w ogólności}$$

$$\infty = \frac{q}{(1+dt)} \dots \dots (B)$$

Prawidło II. Gdy więc ilość daną, z pewnej temperatury nad zerem, do zera przeprowadzić chcemy; trzeba ją dzielić przez 1, powiększoną iloczynem z rozszerzalności stopniowej przez temperaturę daną.

Przypadek III. Na ostatek, gdyby q , było już dane w pewnej temperaturze t nad zerem, a chciało się dowiedzieć, co będzie z tą objętością w innej temperaturze t' , także nad zerem; na ten czas nie można wprost przechodzić z temperatury t , do temperatury t' , bo współczynniki rozszerzalności, nie są wyprowadzone z temperatury t , lecz z zera. Trzeba więc, — *naprzód*, dowiedzieć się, co znaczy objętość dana, w temperaturze zero, a — *po tém dopiero* z temperatury tej, wznosić się do temperatury t' , czyli co na iedno wychodzi, uważać, że kwarta gazu na zero, w temperaturze t zamienia się na $1+0,000375 t$ kwarty, a w t' na $1+0,000375 t'$; iak więc $1+0,000375 t$ będzie się miało do $1+0,000375 t'$; tak się ma q do ∞ , czyli

$$1+0,000375 t: 1+0,000375 t'=q:\infty; \text{ skąd}$$

$$\infty = q \frac{(1+0,000375 t')}{(1+0,000375 t)}, \text{ a w ogólności}$$

$$\infty = q \frac{(1+dt')}{(1+dt)} \dots \dots (C), \text{ co było do okazania.}$$

Prawidło III. Chcąc przeto ilość daną, z pewnej temperatury nad zerem, przeprowadzić do pewnej także temperatury nad zero; trzeba ją mnożyć przez 1, powiększoną iloczynem z rozszerzalności stopniowej, przez temperaturę szukaną, a dzielić przez ie-

dnosc, powiększoną iloczynem z takiejże rozszerzalności, przez temperaturę daną.

Wzór ostatni obejmuje w sobie wszystkie trzy przypadki, opuszcza się tylko w nim mianownik, gdy z zera wznosimy się do pewnej temperatury, a gdy z pewnej temperatury, do zera spadamy; ginie licznik.

Gdy w pomienione zadania, zamiast temperatur nad zerem, wchodzą temperatury niższe od zera; zamiast $1+dt$, wszędzie należy brać $1-dt$.

Przykład I. 100 kwart gazu w temperaturze zero, iaką przybierze objętość w temperaturze 40° ? Podług wzoru (A)

$$\infty = 100(1+0,000375 \times 40) = 115 \text{ kwart.}$$

W temperaturze 80° , objętość ta wynosiłaby 130 kwart.

Przykład II. 115 kwart gazu w temperaturze 40° , ile da na zero? Podług wzoru (B)

$$\infty = \frac{115}{(1+0,000375 \times 40)} = 100 \text{ kwart}$$

130 kwart na 80° , da także 100 kwart na zero.

Przykład III. 115 kwart gazu na 40° , ile da na 80° ? Podług (C)

$$\infty = 115 \frac{(1+0,000375 \times 80)}{(1+0,000375 \times 40)} = 130 \text{ kwart.}$$

Wszystkie te 3 przykłady nawzajem się sprawdzają.

273. Obrachowywanie gęstości płynów w rozmaitych temperaturach. Im temperatura wyższa; tém ciało rzadsze, a ile razy rzadsze; tyle razy w tej samej objętości lżejsze, czyli tyle razy ciężar gatunkowy ma mniejszy. Odmiana ta w ciałach stałych iest niewidoczna, bo rozszerzalność ich iest bardzo mała, lecz w rozciekach, a osobliwie też w gazach, iest tak wielka, iż żadną miarą zaniedbana byź nie może. Do tego rodzaju obrachunków ten sam wzór służy, co dla rozszerzalności, tylko w nim ułomek przewrócić trzeba, bo waga ciała w różnych

temperaturach, w tej samej objętości, jest w stosunku odwrotnym rozszerzalności. Na ten czas postać jego będzie $x = q \frac{(1+dt)}{(1+dt')}$; q znaczy tu teraz wagę daną.

Z tego wzoru wypada, że gdy szukamy wagi tej samej objętości, w temperaturze zero, zamiast dzielić, mnożyć potrzeba wagę daną przez $1+dt$, a przechodząc do temperatury wyższej, dzielić przez tę samą ilość. Tym sposobem 5 gramów powietrza, odważonego w temper. 10°, pod tą samą objętością w temper. 0°, ważyłoby $10(1+0,00375 \times 10) = 5,0375$ gramów, a w temper. 50°, tylko 4,2421 gramów, bo w ostatnim razie $x = 5 \frac{(1+0,00375 \times 10)}{(1+0,00375 \times 50)}$.

274. Ciężaru gatunkowego wody, nie sprowadzamy do zera, lecz do temperatury 4°, 1; t więc dla niej w tym wzorze zmniejsza się pomienioną liczbą, czyli poprostu mówiąc, za t kładzie się $t-4,1$, a ponieważ i jej $d=0,00029$; szczególna więc formuła w tej mierze będzie $x = q \{1 + 0,00029 (t-4,1)\}$. Podług tego, 100 gramów wody w temper. 14°, 1, da 100,29 gramów w temper. największej gęstości.

ROZDZIAŁ III.

O PRZEMIANIE SKUPIENIA CIAŁ.

275. Pod l. 246 powiedzieliśmy, że stany skupienia ciał, nie czém inném są, tylko nieprzerwanym ciągiem rozszerzalności. Są to jedynie znakomitsze epoki, w powiększaniu się objętości ciał od cieplika. Jakoż, w stanie ciekłym cząstki do takiej odległości przez rozszerzenie są odepchnięte, że już na nie siła spójności bardzo słabo działa, a w stanie lotnym zupełnie się za granicami jej działalności znajdują. Roz-

szerzalność i przemiana skupienia ciał uczy nas, że cieplik jest obdarzony siłą, wszystkim ciałom ciężkim przeciwną, która cząstki jego nieustannie usiłuje rozproszyc, i że prężność ciał lotnych nie skąd inąd pochodzi, tylko od prężności cieplika w nich utaionego. Okazuje się więc stąd, że ciało w ten czas jest w stanie lotnym; gdy prężność cieplika jest większa od spójności ciała — w stanie stałym lub ciekłym; gdy prężność cieplika, ze spójnością ciała jest w równowadze. Dwa zaś ostatnie stany skupienia tém się różnią od siebie, że w ciałach stałych, ciężkość każdej pojedynczej cząstki ciała, jest mniejsza, w cieczach zaś większa od sily spójności. Stany skupienia za tém są wypadkiem działania na siebie trzech sił: ciężkości, która cząstki ciał do środka ziemi ciągnie; spójności, która też cząstki w jedną bryłę skupić usiłuje, i prężności cieplika utaionego w ciałach, która ustawicznie pomienione cząstki od siebie odpycha.

276. Każde ciało we wszystkich trzech stanach skupienia znajdować się może, skoro tylko w ogniu natury swojej nie zmienia, a przechodząc z jednego stanu do drugiego; skład jego chemiczny wniczém nie bywa naruszony, albowiem każda para może być skroplona, a ciecz ustalona. Niektóre tylko ciała stale potrzebują wysokości do stopienia temperatury. W tym celu używamy zwierciadeł i szkieł palących, stosu Volty, o którym niżej, i wodorodu, którego płomieniowi żadne ciało oprzeć się nie może, iakieżmy to już powiedzieli, przy nauce o termometrach.

277. Niektóre ciała stałe, omiatając stan ciekły, wprost do stanu lotnego przechodzą, i naodwrot, z lotnego do stałego. W tym przypadku jest *kamfora*, która nawet z tego powodu poszła w przysłowie: *sól lotna angielska*.

(węglan amonii), która znowu z téj przyczyny otrzymała swoje nazwisko, i wszystkie ciała pachnące. Zapachy nawet pojmujemy w ten sposób, że atomy z ciał ulatują w atmosferę, z powietrzem w nozdrza wciągane bywają, a dotykając się tam *blony nozdrzowej*, która jest narzędziem zmysłu powonienia, sprawiają to czucie, które zapachem nazywamy.

Na téj zasadzie, że nie które ciała stale wprost do stanu lotnego, a stąd znowu bezpośrednio do stałego przechodzą, polega jeden ze sposobów odłączania ciał od siebie, *sublimacją* czyli *przelotnieniem* zwany, skąd także i nazwisko *sublimatu* pochodzi. Tym sposobem np. w Egipcie otrzymują salmiak: palą wyrzuty wielbłądzie, sadzami stąd pochodzącymi, nabijają banie szklane, i ustawiają na piecu tak, aby ich część górna po nad piecem wystawała, i przez to ciągle była chłodna: ogień poddaie się zwolna, a salmiak z sadzy ulatnie, i oziębiony, w górnej części bań osiada.

278. Przewodniki, skoro tylko właściwej temperatury osiągną; w oka mgnieniu swój stan skupienia zmieniają, nieprzewodniki zaś długiego na tę przemianę potrzebują czasu. I tak, każdy metal przez nieiaki czas zostaje nietknięty na ogniu, tylko się ogrzewa co raz barziej, po tém dopiero następnie chwila, w której się raptem rozlewa: lód tym czasem skoro tylko będzie wzięty do ręki; natychmiast topić się zaczyna, bryła jego ciągle maleje, dopóki w całości nie zniknie. Przyczyną tego jest, że ciepłik w metalach iednostajnie się w całej massie rozdziela, w nieprzewodnikach zaś na samój tylko zatrzymuje się powierzchni, nie mogąc ich wskrószyć przejmować: dla tego tamte od razu całkowicie, a zaś tylko cząstkowo swój stan zmieniają. Z téj także przyczyny ciecze, długiego czasu na swe ulotnienie

potrzebują, a półprzewodniki stale, pod czas topienia mięknią.

279. W czasie przemiany stanów skupienia nieprzewodników, temperatura jest stała i niezmienna: lód przeto przez cały czas topienia się, chociażby leżał na ogniu, a ciecze pod czas wrzenia, od początku aż do końca, iednę zachowują temperaturę. Przyczyna tego fenomenu jest ta, że wszelki ciepłik, iaki w ten czas do nich przybywa, w nich się utaja, topiąc ie lub obracając w parę. Dla tego to temperatura topniejącego lodu, i wrącej wody, służy do oznaczenia punktów stałych w termometrze. Dla tego także można gotować ciecze w naczyniach metalowych przy takim ogniu, w którym się metale naczyń topią, gdy tym czasem naczynia ze złych przewodników, czy puste, czy z cieczami, topią się lub palą zawsze, chyba że są nad zwyczaj cienkie. Ten tylko pod czas tego rodzaju doświadczeń zachować potrzeba warunek, ażeby ciecz wrzała w temperaturze niższej, niż do stopienia metalu naczynia jest potrzebna. Dla tego tu bowiem nie topią się naczynia, że im ciecz nigdy do tego stopnia rozgrzać się nie dozwała, iżby się stopić mogły, gdy tym czasem zły przewodnik, ma zawsze inną od cieczy temperaturę, a przeto może się zapalić. Jeżeli iednak nieprzewodnik jest tak cienki, że zawsze z ciałem ogrzewaném, iednaką temperaturę mieć może; nieprzewodnik ten nie zapala się. Na téj to zasadzie ołów, topić można w papierze lub płótnie, lecz tylko zachować potrzeba tę ostrożność, ażeby papier wszędzie był poiedynczy, i iak najdokładniej do ołowia przylegał. Wziąwszy kulę karabinową, i obwinąwszy ją papierem, iak powiedziano; doświadczenie to nad płomieniem świecy, z łatwością wykonać można.

280. Różne ciała różnej potrzebują temperatury na przemianę swego stanu skupienia, lecz iedno i toż samo, w ogóle mówiąc, zawsze téj saméj potrzebuje, i to tak, że ciała w téj saméj temperaturze ustalają się czyli zsiadają, w której się topią, a pary w téj się skraplają, co ułatwiają.

Tablica temperatury topliwości ciał.

Słonina	+ 27	Cynk	360
Lód	33	Antymon	432
Wosk żółty	61	Srebro czyste	990
— biały	68	Miedź podl. Wedg.	27
Siarka	109	Złoto	32
Cyna	210	Stal	130
Ołów	260	Żelazo	130
Szkło w rurkach około 360			

Następujące ciała nie topią się w żadnym ogniu zwyczajnym, tylko w płomieniu wodorodu.

Pallad—Platyna—Uran—Tytan—Cerer—Rod—Osm—Iryd—Wapno—Piasek—Baryta—Glinka—

Tablica temperatury wrenia cieczy.

Eter siarczany	37,8
Alkohol	79,7
Roztwór nasycony soli Glaubera	100,7
— — soli kuchennej	106,9
— — salmiaku	114,4
— — saletry	115,6
— — węglanu potażu	140,0
Siarka	299,0
Kwas siarczany	310,0
Olój lniany	316,0
Merkuryusz	360,0

Na różnicy temperatury wrenia rozmaitych cieczy, polega drugi sposób odłączania ciał od siebie, zwany

Dystylacją czyli *Przekropleniem*. Najlepiej znany przykład dystylacji mamy w otrzymywaniu alkoholu. Wódka lub wszelki rozciek alkoholowy, nabiera się w alembik, i z wolna ogrzewa. Ponieważ alkohol jest od wody lotniejszy; z większą przeto prędkością ulatnia się, i w naczyniu na to przeznaczoném, czyli w *odbieralni* skrapla. Tak otrzymany rozciek ieszcze w sobie wiele wody zawiera, przedystylowywa się przeto wielokrotnie, a co raz w niższej temperaturze, pilnie przestrzegając, aby nigdy z alembika cała ilość rozcieku nie uleciała, reszty bowiem zawsze są najobfitsze w wodę. Tym sposobem iednak nigdy zupełnie dwóch cieczy oddzielić od siebie nie można. Z tego co powiedziano, wypada, że chcąc cieczę przez dystylację oddzielać; temperatury ich wrenia, powinny się znacznie między sobą różnić.

281. Ulatnianie nie tylko się odbywa podczas wrenia, lecz i w zwyczajnych, i w najniższych temperaturach. Wszystkie cieczę bez wyjątku, są w tym przypadku, i te ciała stałe, które bezpośrednio do stanu lotnego przechodzą. Na dowód tego, prócz ciał stałych, przytoczyć można wysychanie cieczy z naczyń, i wszelkiego rodzaju suszenie, sam nawet lód, na najtęższym ulatnia się mrozie, zwłaszcza, gdy powietrze jest suche, a wiatr powiewa, i okoliczność ta goralom i praczkom jest dobrze znana. Chcąc się iednak przekonać o tém, trzeba położyć kawalek lodu na iednym talerzu szali, zrównoważyć, i zostawić go tak przez czas nieiaki. Gwichty co raz bardziej przeważać będą, co będzie skazówką, że masy lodu ubywa. Na poparcie tego przytoczyć ieszcze można tę okoliczność, że nie które sole, l. 9, zostając długo w powietrzu, utracają wodę, z którą chemicznie są połączone, a która się *wodą krystalizacyi* nazywa, i kryształy ich w proch się rozsypują. Tym sposobem z ogromnych

nie raz i przezroczystych kryształów, po niejakim czasie tylko mąkę otrzymać można. Zdarzenie to zowie się *efflorescencyą* czyli *wietrzeniem soli*.

282. Różnica między parowaniem w zwyyczajnej temperaturze a wrzeniem jest ta, że pierwsze, odbywa się tylko na samej powierzchni cieczy, gdy tym czasem drugie nie tylko na powierzchni cieczy, ale i na powierzchni *ogrzewanej* naczynia. Przyczyną tego jest nieprzewodnictwo cieczy, wszystek albowiem ciepłik, iaki tylko do cieczy dochodzi, nie mogąc się wdrzeć wewnątrz cieczy, na powierzchni się zatrzymuje, i tylko ciągle zewnętrznej warstewkę obraca w parę. Wskróś ścian naczynia, może się w prawdzie dostawać ciepłik atmosfery do cieczy, i przeprowadzać tam do stanu lotnego warstewkę, oblegając ściany, lecz para, która w tych okolicznościach powstaćby mogła, nie ma siły dostatecznej, na wzniesienie słupa rozcięku, ciężącego nad sobą, nie może przeto na powietrze ulecieć.

283. Przewracanie się cieczy i wydobywanie się bulek przed zawrzeniem. Przed zawrzeniem zawsze daie się postrzegać leniwe przewracanie się cieczy, i wydobywanie się baniek: pierwsze pochodzi stąd, że części mocniej ogrzane, iako lżejsze wznoszą się na powierzchnię, drugie są rozmaitemi ciałami lotnemi. W wodzie zawsze znajduje się powietrze, w innych cieczach inne gazy, a wszystkie przed zawrzeniem uchodzą. Stąd to pochodzi różnica między wodą zwyčajną, a przegotowaną: pierwsza jest z powietrzem, druga bez powietrza, a różnica ta pociąga za sobą różnicę we własnościach tej cieczy pod względem lekarskim, chemicznym, i fizycznym.

284. Warczenie. Inaczej dzieje się pod czas wrzenia: siła utworzonej pary, iak o tém na swoim miejscu powiemy, posiada siłę dostateczną, na poka-

nanie tej zawady: w razie przeciwnym, często przed zawrzeniem daie się słyszeć *warczenie*, które pochodzi stąd, że się ciecz dla złego przewodnictwa, od razu w całej massie iednako ogrzewać nie może, iż na dnie zawsze jest wyższa temperatura, a wyżej niższa. Skoro więc para z dołu dzwigać się zacznie; w wyższych warstwach napotyka temperaturę niższą, skrapla się więc raptem, a słup cieczy przez nie dźwigniony, gwałtownie spada, i uderza o dno naczynia. Powtarzanie się tych uderzeń, sprawia ciągle warczenie. Woda gotowana w naczyniu sklaném, a osobiwie ciecz, których temperatura wrzenia jest wysoka, iak np. kwasu siarczanego, szczególniej to przedstawiają zdarzenie, lecz dosyć jest, zawczasu włożyć w naczynie kawałek metalu, a wrzenie odbywać się będzie spokojnie, metal bowiem przewodnictwo cieczy polepsza.

285. Kłębowanie. Po wyjściu gazów z cieczy, następuje gwałtowne *kłębowanie*, które jest skazówką wrzenia. Odtąd temperatura przestaje się już podnosić, i do zupełnego ulotnienia się plynu, jest iednostajną. Kłębowanie to stąd pochodzi, że para wydobywając się z pod cieczy, dźwiga ją ustawicznie; dla tego to, gdy naczynie z iednego boku jest ogrzewane; kłębowanie sprawia ciągły strumień, od tego boku do przeciwnego, a gdy z pod spodu; kłębowanie na całej powierzchni powstaie.

286. Prędkość wrzenia, szczególniej od wielkości *ogrzewanej* powierzchni naczynia zawisła, i doświadczenia okazały, że w okolicznościach zupełnie przyiażnych, w iednej godzinie, centymetr kwadratowy, powierzchni naczynia *ogrzewanej*, 10 gram, a metr takiż 100 kilogramów czyli 100 litrów wody obraca w parę. W praktyce iednak, gdzie wszystkie warunki do sprawienia najlepszego skutku, nie są

należycie utrafił; połowa, a nawet trzecia część tylko, przypuszcza się pomienionego wypadku.

287. Nasycenie. Prędkość parowania zależy znowu od wielkości poziomu cieczy, w przestrzeni iadnak i temperaturze danej, pewna tylko ilość pary powstać może, co się zowie *nasyceniem przestrzeni*. Jakoż, wpusciwszy w Manometr iakięj cieczy, np. eteru; barometr do pewnego tylko czasu wznosić się będzie, i w iednej mierze stanie, lubo cieczy podobatkiem będzie. Lecz ogrzawszy go np. wyżej o ieden stopień; parowanie znowu się rozpocznie, i ustanie. Za drugim, trzecim, ogrzaniem, toż samo się powtórzy, skąd wypada, że w przestrzeni i temperaturze danej, pewna tylko ilość pary utworzyć się może. Widzimy więc, iż nasycenie, iest to ten stan przestrzeni, w którym wszelkie parowanie ustaie, tak, iż rozciek weale nie znika, chociażby go iak największa znajdowała się obfitość. Iest to napelnienie iej parą w *pewnej tylko temperaturze i obiętości*. Jakoż, przestrzeń pełna pary, w temperaturze niższej, lub w obiętości mniejszej, przestaie bydz nasyconą, za podwyższeniem temperatury, lub za powiększeniem swojej obiętości. I znowu, oziębiwszy przestrzeń nasyconą, lub zmniejszywszy iej obiętość; wszelki nadmiar pary, skroplic się musi, który nad temperaturę i obiętość zmniejszoną zbytkuie. O tój prawdzie następującem doświadczeniem przekonać się można.

Napelnia się merkuryuszem szklanka, na kilka stóp wysoka, fig. 142, bierze się rurka barometryczna, i ta podobnież się tym rozciekiem nalewa, zostawiając parę linii pustych, dolewa się eteru, zatyka palcem, i koniec otwarty zanurza się w szklance. Eter na moey swego ciężaru gatunkowego, wyplynie na wierzch merkuryusza w rurce, parować i spychać go będzie. Gdy metal ten spadać przestanie, czyli

gdy się przestrzeń nasyci parą; zanurzajmy rurkę co raz głębiej w szklance, lub oziębiajmy koniec górny, a zobaczymy, że grubość warsty eteru, na powierzchni merkuryusza, od nasycenia przestrzeni lub temperatury pozostala, co raz bardziej powiększać się będzie, co iest skutkiem skraplania się zbytku pary, nad przestrzeń lub temperaturę.

288. Próżnia w okamgnieniu nasycia się parą, a przestrzeń napelniona powietrzem lub innemi gazami, pewnego potrzebuie czasu. Jakoż, wpusciwszy kroplę eteru, w próżnię Toricellego; merkuryusz raptem spada, i zatrzymuie się raptem, lecz gdy próżnia iest niedoskonała; opadanie to dzieie się stopniowo. W próżni iednak, czy w przestrzeni napelnionej gazem, taż sama ilość pary powstaie, byle tylko obiętość i temperatura byla taż sama: czy bowiem wpusciimy eter do manometru pustego, czy napelnionego powietrzem, w obu razach wysokość barometru, przy tój samej temperaturze, powiększy się o tę samę ilość, różnica tylko co do czasu zachodzi. Barometr mierzy tu iedynie prężność pary, lecz gdy przy innych okolicznościach równych, gęstość iest w stosunku prężności; więc gęstości są równe, gdy prężności równe. Ponieważ znowu przy obiętościach i gęstościach równych, i masy ciał są sobie równe; taż sama przeto wysokość barometryczna, w każdym przypadku zapewnia nas o równości masy par ulotnionych.

Z tego, cośmy o parowaniu powiedzieli, okazuie się, że pod czas nasycenia atmosfery, wszelkie parowanie wód, wszelkie wysychanie ustaie — że parowanie to i wysychanie, tём iest prędsze; im się mniej pary w atmosferze znajduje, w porównaniu z tą ilością, iaka się w czasie nasycenia znajdować może. Okoliczność ta tłumaczy nam ieszcze, dla czego w naczyniach, nie mówię zatkanych, lecz tylko po prostu nakrytych, cieczy nie tak prędko wysychają.

Stąd jeszcze okazuje się, że wiatr, na parowanie i suszenie, tym sposobem wpływa, iż z po nad cieczy parującej, unosi nasycone powietrze.

WPLYWY NA ZMIANĘ TEMPERATURY WRENIA
I TOPIENIA SIĘ CIAŁ.

289. *Na przód.* Siła chemiczna, która zawsze usiłuje każde ciało zatrzymać w stanie ciekłym, dla tego, iż pomiędzy cząstkami cieczy najmocniej działa, przejście więc parom i ciałom stałym do stanu ciekłego ułatwia, a cieczeniom do stanu stałego i lotnego utrudza. Dla tego

1. Gdy ciału stałemu, dodamy drugie ciało stałe, z którym tamto chciwie się łączy; ciało to w niższej temperaturze topi się, *np.* 5 wag ołowiu, 8 bismutu, 3 cyny, stopione z sobą, dają związek, topiący się w wodzie wrzącej, gdy tym czasem sam ołów, topi się dopiero na 260° , bismut na 256° , cyna w 210° . Połączenie to znane jest pod imieniem *spizu Newtona* lub *Darseta*, i z niego robią łyżeczki do kawy, na *Iszy Kwietnia* (Prima Aprilis). Podobnie, stopiwszy osobno 2 wagi bismutu, z 1 merkuryuszem, a osobno 4 wagi ołowiu z 1 merkuryuszem; te dwie amalgamy, przez samo potarcie o siebie, topić się będą.

2. Gdy w cieczy iakiej rozpuścimy ciało stałe, lub gdy ją zmieszamy z drugą, z którą się chciwie łączy, lecz której temperatura wrenia jest wyższa; ciecz ta trudniej wrzeć będzie. *Np.* woda potażowa wrze dopiero na 140° , i wszelkie roztwory wodne, wrzą powyżej temperatury 100° , stron. 254. Alkohol z wodą we wszelkich temperaturach, pomiędzy 79 a 100° wrzeć może, co od stosunku mieszaniny zawisło. Im więcej wody; tém wyższa temperatura wrenia, bo woda wrze w temperaturze wyższej, od alkoholu.

3. Gdy w parze iakiej, trzymać będziemy ciecz lub ciało stałe, chciwie łączące się z rozciekiem pary; para ta skraplać, a nawet ustalać się będzie, w tempe-

ratyrze wyższej, niż gdy jest sama. *Np.* wiotryol, ser-waser, kwas solny, w naczyniach otwartych trzymane, wydają tumany mgły białej gęstej, i obiętość ich po niejakim czasie powiększa się, wiotryol nawet wkrótce obiętość swą podwaja. W naczyniach zamkniętych, a nawet poprostu nakrytych, skutki te nie następują. Przyczyna tworzenia się mgły jest taka, że para niewidzialna kwasu, napotkawszy w powietrzu parę wodną, podobnie niewidzialną, łącząc się z nią, do stanu ciekłego przechodzi, i tworzy krople takie, jak w chmurze, widzialne, które spadając w rozciek, powiększają jego obiętość. Gdy naczynie jest zamknięte, lub nakryte; cała rzecz na tém się kończy, że się tylko skrapla para wodna powietrza, znajdującego się pod pokrywką w naczyniu, i że się następnie powietrze parą kwasu nasyci — Solan wapna, węglan potażu, i bardzo wiele soli, tenże sam na parze wodnej sprawują skutek.

4. Gdy w iakiejkolwiek cieczy rozpuścimy takie ciało stałe, które z nią łączy się chciwie; ciecz ta marznie w niższej temperaturze, *np.* woda słona, dopiero w temperaturze 20 stopni poniżej zera, krzepnąć może.

5. W ten czas tylko, gdy ciało stałe do stanu ciekłego przejść nie może, czyli gdy jest nierozpuszczalne w rozcieku, z którym się chciwie łączy, ciecz w zwyczajnej, a nawet w znacznie wyższej temperaturze do stanu stałego przechodzi, niż w ten czas, gdy jest sama. Co większa, para nawet bezpośrednio, swój stan skupienia, w tym przypadku na stały zamienia. Na dowód tego przytoczyć można, wszystkie ciała *hygrometryczne*, czyli *wilgnące* w powietrzu, wszystkie związki niedokwasów i soli z wodą, czyli *wodziany niedokwasów i sole wodne*. Tymto sposobem tworzy się woda *krystalizacyi*, czyli ta woda, z którą się ciała łączą, gdy się krystalizują. Ale najbardziej

uderzającym przykładem jest tworzenie się wodzianu wapna. Gdy lasnią wapno, czyli gdy go na wodzian zamieniają; po pierwszém zroszeniu, tak się rozpala mocno, że w niém potrawy gotować można, bo temperatura jego do 400° się podwyższa, woda tym czasem na stan stały przechodzi, albowiem po rozsypaniu się kamieni, mąka wapienna jest sucha.

Na téj zasadzie polega w hutnictwie użycie tak zwanych *roztopów* (*flux*), które dla tego ułatwiają topienie rudy, iż się łączą z ciałami obcemi, w niéj będącemi. Takimi roztopami są: żuzel, kamień wapienny, krzemienny, gliniasty, szkło, borax, i t. d.— Na téj zasadzie polega także robota *lutunków*, czyli śpiżów łatwo topliwych, używanych do spajania blach metalowych.— Tu także należy robota *amalgam*, czyli rozpuszczanie złota, srebra, cyny, i t. d. w merkuryuszu — przysposabianie wszelkich *roztworów*, czyli rozpuszczanie ciał we wodzie, alkoholu, eterze, oleiach i olejkach, tudzież metalów w kwasach—rozpuszczanie się powietrza, i rozmaitych gazów we wodzie i t. p. cieczach, a co dziwniejsza, że gaz kwas węglowy, który się dopiero od 36 atmosfer skrapla, w zwyczajnej temperaturze rozpuszcza się we wodzie, czyli do stanu ciekłego przechodzi.

Tu jeszcze tłumaczenie znajduje *delikwescencya* czyli *roztopianie* się ciał w parze i wilgoci powietrza. Powszechnie wiadomo, iż sól kuchenna jest w tym przypadku, skąd nawet nie bez zasady przepowiadają słotę, lecz Chemicy bardzo wiele znają takich soli. Z ich liczby szczególniej tą własnością celuie, iuż wyżej przytoczony *solan wapna*, i *węglan potażu*, a na téj własności znowu gruntuie się, osuszanie powietrza w mieszkaniach, i rozmaitych gazów w naczyniach. Pierwsze polega na rozstawieniu naczyń w pokoju, z świeżo wypalonym solanem wapna, węglanem potażu (potażem), albo w reszcie z uprażoną

owsianą mąką, drugie na utrzymywaniu tychże ciał w naczyniu, w którym się znajduje gaz, do osuszenia przeznaczony. Niekiedy sole te kładą się w rurę, przez którą się przepuszcza strumień gazu, który osuszyć chcemy. Często także do pochłonywania pary wodnej, używa się tak zwanego witryolu *Nordhauzeńskiego*, który, gdy ma być w tym celu użyty, przygotować go trzeba, dla wypędzenia gazu, który ułatwiając w powietrze, niszczy prawie wszystko, co tylko w swéj drodze organicznego, a nawet nieorganicznego spotyka.

Lecz nie tylko ciała rozpuszczalne, skraplają parę wodną powietrza, i z nią się łączą: wszystkie ciała bez wyjątku ten sam na niéj skutek sprawiają. Najtwardsze kamienie, a nawet szkło i metale, zostające w wilgotném powietrzu, okrywają się warstwą wody, której dojrzeć trudno, o której iednak za pomocą czulój wagi przekonać się można. Mąka i wszelkiego rodzaju prochy, w tym samym znajdują się przypadku, i dla tego to mąka owsiana, zamiast solanu wapna, i węglanu potażu, może być do osuszania powietrza użyta. Lecz ciała organiczne, iakimi są: włosy, włókna, błony, papier, drzewo, szczególniej tą własnością celuie, i dla tego ie też *hygrometrycznemi*, czyli *wilgnącemi* nazwano. Z tego to powodu gdy powietrze wilgotne; włosy przedłużają się, struny baranie i sznury rozkręcają się i skracają, papier i drzewo pęcznieie, instrumenta rznięte rozstraiają się, sprzęty drewniane rozkleiają. Pod czas suszy przeciwne zupełnie następują skutki.

Na ostatek, wszelka przemiana stanów skupienia pod czas chemicznego łączenia się ciał z sobą zachodząca, następuje w skutku działania siły chemicznej. Siła ta skrapla wszystkie bez wyjątku gazy, takie nawet, których sztuka, przy pomocy największego

parcia, z najtęższym połączonego mrozem, do stanu ciekłego przeprowadzić nie może.

290. *Po wióre.* Na temperaturę zsiadania się cieczy, prócz siły chemicznej, zdaie się ieszcze wpływać zbytni ruch i zbyteczny spoczynek. Z pierwszej przyczyny zapewne, woda w rzekach w tak niskiej marznie temperaturze, a co się tyeze spoczynku, przykład w téj mierze przedstawiają nam trzy cieczce: woda, roztwór soli *glauberskiej*, i roztwór *selenanu sody*. Woda gdy będzie *przedystylowana*, i na trwałej podstawie *np.* na murze, w zupełnej spokojności zostawiona; do -12° w stanie ciekłym utrzymać się może. Rozpuściwszy znowu we wodzie na 33° tyle soli *glauberskiej*, ile się iej tylko rozpuścić może, i roztwór ten, podobnie iak wodę, zostawiwszy w spoczynku; stan iego ciekły w niczém naruszony nie będzie: lecz w obu razach, potrąciwszy tylko naczynie, lub chciawszy cieczce zamieścić; natychmiast się ścinaia; w pierwszym razie tworzy się lód, w drugim opadaia krysztaly soli *Glaubera*.

Woda do 1go doświadczenia dla tego się dystyluje, ażeby ią od obeych ciał uwolnić, które za opadaniem temperatury, kureząc się inaczej iak woda, ruch w niej nieustanny sprawia. Dla tego doświadczenie to łatwiej się udaie w ciasnych rurkach, i im-ciaśniej-sze rurki; tém zniżenie temperatury dalej, bez zamrożenia wody, doprowadzić się daie. Z tego zapewne powodu w roślinach, woda nie tak prędko marznie, iak w stawach i jeziorach, a przez to mróz dla nich mniej iest szkodliwy.

Że spoczynek opóźnia marznienie rozcieków, przyczyną tego zdaie się być trudność, iakięj cząstki ciał w szykowaniu się swém doznaią, gdy się zabieraią do stanu stałego. Że się zaś w ten czas w powietrzu porządek szykuia; dowodem tego iest woda, i wszystkie ciała, które zsiadaiąc się, objętość swoię

powiększaią, lub zmniejszaią. Widać, że atomy iednymi ściankami, mocniej przyciągać się muszą, niż drugimi, i że szyk atomów w ciele stałym, raz więcej, drugi raz mniej miejsca wymaga, niż w cieczy, że na ostatek wstrząśnienie, przemianę porządku cząstek ułatwia. Gdy cieczce krzepnące, przybieraią postać igiełek lub blaszek; objętość ich powiększa się, iak *np.* bismutu, żelaza, antymonu, brązów.... Gdy z nich powstaie massa zbita; ich objętość się zmniejsza, a w tym przypadku są wszystkie metale ciągle: złoto, srebro, cyna, ołów....

291. *Po trzecie.* Na temperaturę wrenia cieczy, prócz siły chemicznej, silny wpływ wywiera znowu wszelkie ciśnienie, a szczególniej ciśnienie atmosfery. Im parcie to iest większe; tém musi być wyższa temperatura wrenia rozcieku, a im mniejsze; niższa, prężność bowiem powstaiącej pary w czasie wrenia, musi być równa ciśnieniu atmosfery, czyli prężności otaczającego powietrza. I oczywiście, aby utworzona para, istnieć w atmosferze mogła; musi taką samą, iak ona, posiadać prężność: przypuściwszy bowiem na chwilę, raz, że ma siłę większą, drugi raz, że mniejszą; w pierwszym razie dopóty się rozszerzać, w drugim dopóty ścisnąć się musi, dopóki takiej nie nabędzie gęstości, w której prężność iej prężności powietrza wyrównywa.

Zdawaloby się przeto, iż w zwyczajnej temperaturze, wszelkie parowanie ustać powinno, bo iak się dowiemy później, prężność pary tém iest mniejsza; im temperatura niższa. Lecz nie tak iest w istocie: parowanie w zwyczajnej temperaturze odbywa się tak wolno, iż cząstki pary maią czas, że tak powiem, szukać wolnego przejścia między cząstkami powietrza, i mieścić się w próżni, między niemi środkuiąc, ażeby się zaś pod czas wrenia, znaczna ilość pary od razu wznieść na powietrze mogła; musi dwi-