

Elzbi's Congregationis Missiois

F I Z Y K A

Domus D L A *Wiatostocensis*

SZKÓŁ NARODOWYCH

C Z Ę Ś Ć I. 1819.

M E C H A N I K A

Piérwszy raz wydana

Oprawa - - - Zło. 4.



W KRAKOWIE Roku 1792.

w Drukarni Szkoły Głównej Koronnej.

Dzieło „Mechanika” dla Szkół Narodowych przez Jmci Pana Huba Dyrektora Nauk w Korpusie Szlacheckim Kadetów w języku łacińskim napisane, a przez Towarzystwo do Xiąg Elementarnych na Polski wyłożone, odczytane i roztrząszone, na Sessyi Kommissyi Naszey dnia 22. Miesiaca Lipca aprobowane, do użytku Szkół Narodowych wedle Przepisów i Ustaw Naszych podaliśmy — Dan w Warszawie na Sessyi dnia 22. Miesiaca Lutego 1792 Roku —

MICHĄŁ XZĘ PONIATOWSKI Prymas.

GASPAR CIECISZOWSKI Biskup Kijowski.

MICHĄŁ XZĘ RADZIWIŁŁ Wda. Wileń.

LUDWIK GUTAKOWSKI Podkom. W. W. X. L.

JULIAN NIEMCEWICZ.

ANTONI LANCKORÓŃSKI.



ZBIÓR RZECZY KTÓRE ZAWIERÁ CZĘŚĆ PIĘRSZÁ NA PIĘĆ XIĄG PODZIELONÁ

XIĘGA PIĘRSZÁ o biegu.

Rozdział I. o biegu składanym.

— II. o biegu postępnym.

— III. o samowolném ciął spadaniu.

— IV. o biegu iednostaynie przyspieszonym.

— V. o doświadczeniach około spadania ciął.

— VI. o ciałach ciężkich rzuconych.

XIĘGA DRUGÁ o sile ciężkości.

Rozdział I. o biegu ciął ciężkich na płaszczyznach pochyłych.

— II. o dźwigni (*Vectis*).

— III. o śródku ciężkości.

— IV. o ruchu wachadeł.

XIĘ

XIĘGA TRZECIA

o dalszych przyczynach ruchu nie zawistych od ciężkości.

Rozdział I. o wachaniu ciał sprężystych.

—— II. o uderzaniu się ciał.

—— III. o dźwięku czyli głosie i o rozchodzeniu się jego.

—— IV. o spójności w ciałach.

—— V. o tarcu.

XIĘGA CZWARTA

o biegu i siłach płynów.

Rozdział I. o ciśnieniu powietrza.

—— II. o ruchu płynów w ogólności.

—— III. o biegu rzek.

—— IV. o biciu i odbiciu czyli oporze płynów

XIĘGA PIĄTĄ

o biegu ciał Niebieskich.

Rozdział I. o obrocie i siłach odśrodkowych
(*vis centrifuga*).

—— II. o tworzeniu się biegu kołowego.

—— III. o figurze i wielkości ziemi.

—— IV. o biegu księżyca.

—— V. o rocznym biegu ziemi.

—— VI. o budowie świata.



POCZĄTKÓW

FIZYKI

CZĘŚĆ PIĘRWSZĄ

albo

MECHANIKA

XIĘGA I.

o biegu

ROZDZIAŁ I.

o biegu skłádanym.

§ I.

Gdy powozem, albo na okręcie idziemy, powóz idący albo okręt nas z sobą unosi — Łódź i wszelkie ciało na rzęce pływające z biegiem z rzeki upływają; słowem, codziennie widzimy niezliczone dowody téj prawdy, że jedno ciało udziela biegu drugiemu. To zaś udzielenie biegu, dzieje się, nie tylko gdy jedno ciało z drugim jest spoione, ale

Co jest
bieg skłá-
dany?

A

téż

tęż gdy się na niém wspiera, albo się z niém styka, lub tęż innym jakim sposobem łączy. Taki maia początek wszystkich biegi składane. Człowiek n. p. po okręcie chodząc dwoisty ma bieg gdy okręt płynie, to iest: właściwy względem okrętu, i bieg spólny z okrętem.

§ II.

Bieg składany z wielu pojedynczych jednakowego kierunku, iest tych biegów summa.

Jeżeli wiele biegów na iednę linię, podług iednakowego kierunku łączą się z sobą, każdy łatwo poznać, że bieg z nich złożony iest summa rzeczonych biegów, i że iego kierunek ténże sam iest, co i tamtych. Położmy n. p. na stole pręcik, a na nim posadźmy iakiego robaczka. Jeżeli tén robaczek, w przeciągu iednej minuty, na pręciku ułazi cal ieden, a tyléż w jednakowym czasie, i podług iednakowego kierunku posuwany pręcik, iasna iest rzecz, że dla dwoistego biegu, robaczek na końcu minuty, od pierwszego miejsca na stole naznaczonego, na dwa cale oddali się. Słowem, złączywszy wiele biegów iednakowego kierunku, czyli iednostronnych, iezeli się żadnego z tych biegów kierunek nie odmięnia, zawsze miejsce biegiem składanym, w pewnym czasie wymięrzone, równa się summie miejsc, w jednakowymże czasie, każdym z osobna biegiem pojedynczym przebytych. Kierunek zaś biegu składanego iest w tęż

w tęż samę stronę, w którą był w biegach pojedynczych.

§ III.

Jeżeli zaś dwa biegi prostodrożne mają kierunki sobie przeciwné, łatwo zrozumieć, że bieg z nich składany, równy będzie ich różnicy. W przykładzie iuż przytoczonym bierzmy, że się pręcik wstecz odsuwa przez pół cala, w tymże samym czasie w którym robaczek przed się na nim pełza przez cal, a iasna iest rzecz, iż dwoiakim złączonym biegiem, robaczek oddala się od swęgo miejsca na stole tylko na pół cala. A ogólnie mówiąc, takowy bieg składany zawsze zostaię na drodze spólny obu biegów złączonych, i dzieie się podług kierunku, które było w przędszym biegu pojedynczym. Mieyscé zaś owym biegiem składanym przebyté, n. p. w czasie minuty, równa się różnicy miejsc, biegami pojedynczemi w tymże czasie przebytych.

Bieg składany z dwóch pojedynczych wprost sobie przeciwnych, równa się ich różnicy.

§ IV.

Jeżeli tedy biegi pojedyncze sobie wprost przeciwné są równé, ieden przez drugi znosi się, a żaden bieg składany nie następuie. Tak w naszym przykładzie robaczek mieysca swęgo zgoła nie odmięnia względem stołu, iezeli pręcik ustawicznie z taką prędkością w przeciwną stronę ciągniemy, z jaką robaczek po nim lezie. Człowiek także równie prędko

Biegi pojedyncze czasóm się ieden przez drugi niszcza.

w tyt statku bieżący, iak sam statek płynie, podobnymże sposobem na iednym miejscu względem brzegów zostaje.

§ V.

Dodawanie biegów które się dzieją na iednymże linii prosty.

Jakąkolwiek tedy liczbę biegów na iedną linię złączywszy, bieg składany następującym sposobem łatwo się określa. Kładźmy, że wszystkie biegi w jedną stronę są dodatnie, wszystkie zaś przeciwnie dążące są odtjemne, a miejsca każdym z osobna biegiem w jednakowym czasie przebyte podług znaku służącego biegowi dodamy. Jeżeli z takowego dodawania żadna summa nie wyniknie, w takim razie przez bieg składany miejsce się wcale nie odmięnia, czyli żaden bieg składany nie następuje. Jeżeli zaś jest iaka summa biegów, ta okazuje wielkość ich, a razem przez swój znak dodatny + lub odtjemny — i kierunek biegu składanego. Tak jeżeli na iedną linię prostą znajdują się cztery biegi pojedyncze, dwa dążące w prawo, z których ieden przez dwie stopy, drugi zaś przez 5, w przeciągu minuty odprawuje się; dwa także w przeciwną stronę, z których ieden przez 7 stóp, drugi przez 3 stopy, w czasie iednej minuty dają: wtedy trzeba dodać cztery liczby $2 + 5 - 7 - 3$, z których liczb gdy summa wypada — 3, poznaiemy, że bieg składany jest w lewo przez 3 stopy, w czasie iednej minuty.

§ VI.

§ VI.

Jeżeli zaś dwóch biegów prostodrognych kierunki pod pewnym kątem do siebie się nachylają, łatwo poznać, że punkt fizyczny, na którym oba biegi się łączą, ani kierunkiem iednego, ani kierunkiem drugiego iść nie może, ale średnia nieiaka droga między obiema kierunkami iść powinien. Dla lepszego tej rzeczy zrozumienia, wystawmy sobie znowu iakięś robaczka, na kształt punktu, któryby na prostym i tegim lazi przeciku. Mniemamy że ow przecik A G. postępuje ustawicznie biegiem równo odległym wzdłuż linii A D, a iasną jest rzeczą, iż wszystkie punkta rzeczonoego przecika biegać calej podobnie i równie. Niech albowiem punkt A, n.p. w czasie dwóch minut, przychodzi na C, rzecz jest iawną, że inny także przecik punkt M, w tymże samym czasie, przejdzie linią M F. od linii A C równoodległą i równą. Więc punkta M i A tyleż drogi ubiegły, i gdyby ieden na drugim leżał, obadwaby na iedno miejsce doszły. Zaczęćm robaczek leżący, na którymkolwiek punkcie tegoż przecika znajduje się, zawsze podlega temuż samemu biegowi, którym punkt A ku D uchodzi, póki linia A G w swoich położeniach równoodległość zachowuje. Dajmy tedy, że przecik A G, w czasie iednej minuty prze-

Bieg składany z pojedynczych pod niejakim kątem z sobą się schodzących, iaki jest?

Fig. 1.

suwa

suwają się na B H, we dwóch minutach na C I, i t. d. robaczek zaś razem lezie z punktu A, a przy końcu pierwszy minuty jest na L, drugi na M, i t. d. i znów jest rzecz, iż gdy się obadwa biegi złączą, robaczek za upłynięciem pierwszego minuty będzie na E, za upłynięciem drugiego na F i t. d. co się pokazuje poprowadziwszy L E, M F od linii A D równoodległe. Jeżeli tedy zawsze jest $AB:BE=AC:CF$ lub $AL:EL=AM:FM$, linia przez wszystkie punkta E, F, i t. d. przechodząca będzie prosta, a robaczek biegiem składanym drogę prostą wymierzy.

§ VII.

Jeżeli miejsca dwoma biegami w równym czasie przebyte, zawsze zostają w pewnym stosunku danym i nieodmiennym, takowe biegi nazywają się *podobnymi*. Jeżeli tedy dwa biegi prostodrożne ku A D i A G. są sobie podobne, to jest: jeżeli miejsca obidwa biegami a w jednym czasie przebyte, jako to A C i A M, albo B C i E M i t. d. zawsze są w stosunku $AB:AL$, punkt w którym się rzeczóné biegi schodzą, linią prostą A F przeydzie, między liniami A D, A G leżącą, a bieg składany zupełnie podobny będzie obu biegóm pojedynczym, gdyż miejsce A E przebieżone bywa w jednym minucie, A F we dwóch, jest zaś $AE:AF=AB:AC=AL:AM$.

Biegi podobne.

§ VIII.

Gdy tedy dané są dwa biegi prostodrożne i podobne, jeżeli jednym z nich, w pewnym czasie, wymierzą się A C, drugim w tymże czasie A M, wykreślimy Równoległobok A C F M; przekątnia A F tego Równoległoboku nie tylko kierunek biegu składanego, który w tym razie zawsze będzie prostodrożny nam okaże, ale i miejsce w tymże samym czasie, tymże biegiem przebyte, bądź kąt G A D jest wielki bądź mały. Wszystkie zaś trzy biegi, to jest, składany i dwa pojedyncze, będą sobie podobne, i przypadną na iedną płaszczyznę, gdyż przekątnia A F zawsze jest na płaszczyźnie linii A D, A G.

Biegów podobnych i prostodrożnych składanie.

§ IX.

Wszystkie biegi iednostajne, są też sobie podobne. Albowiem niech będzie prędkość w jednym takowym biegu $=C$, w drugim $=c$, a znajdą się obie stałe i nieodmienné (Wstęp Rozd. XVI. § 5.) Nad to niech iaki punkt idzie w czasie t, iednym biegiem przez miejsce S, drugim przez miejsce s, a zawsze będzie $C:c=S:s$ (Wstęp Rozd. XVI. § 5.) Zaczem miejsca iednym i drugim biegiem, w równym czasie przebyte, zawsze są w stałym stosunku $C:c$. więc takowe biegi są podobne; (§ 7.) przeto i wszystkie biegi, które ciągle bez żadnej odmiany trwa-

Biegi iednostajne są też do siebie podobne.

trwają, są sobie podobne, gdyż są jednostajne. (Wstęp Rozd. XVI § 10.)

§ X.

Składanie
biegów da-
nych kro-
wych kie-
runki scho-
dzą się
pod ką-
tami.

Jeżeli mamy dane dwa biegi, których kierunki są AD , AG , prędkości zaś ich w stosunku AC : AM , zawsze rozumieć należy, że wzmiankowane kierowania i prędkości w biegach poty trwają, poki też biegi żadney nie podlegają odmianie (Wstęp Rozdz. XVI § 10.) to jest: poki są sobie podobne. Zaczem w tym razie przekatnia AF , równoległoboku $ACFM$ nie tylko jest drogą biegu składanego z poiedynczych, ale też prędkość tegoż biegu składanego, ma się do prędkości obu biegów poiedynczych iak AF : AC , i AF : AM : słowem, liniie AC , AM , AF są miarą prędkości owych biegów, których kierunki pokazują. Gdyby bowiem obadwa biegi dane bez odmiany trwały n. p. przez minutę, jednym biegiem wymierzyłoby się miejsce AC , drugim miejsce AM , bo w każdym biegu jednostajnym miejsca, w jednym czasie przebieżone, są w stosunku prędkości. Zaczem w tymże samym przeciągu jedney minuty, biegiem składanym wykryślałaby się linia AF jednostajnie (§ 8.) Zaczem prędkości w tych trzech biegach są iak AF , AC i AM .

§ XI.

§ XI.

Jak się łączą dwa biegi prostodrożne sobie podobne, łatwem doświadczeniem w ten sposób okazać można. W górze iakię tablicy kwadratowej, pod pion na stole ustawionę, przypraw precik AC poziomie idący, na którymby bloszek ruchomy wisił na L . Jeden koniec nici na bloszek założonę, ma być przywiązany na K , na drugim zaś wisi ciężar M , który gdy bloszek stawia na C , jest na E . Toż gdy pociągniemy bloszek od C na A , tak że ciężar w tymże czasie przyydzie na I , wzięwszy $KI = KE$ obaczmy, że tenże ciężar na linii prostę EMI przekatni równoległoboku $ID EK$ wznosić się będzie. Ponieważ bieg ciężaru dwoisty jest, ieden, który ma spólnie z bloskiem od C ku A , drugi, którym w górę ustawicznie idzie od M ku L , albo od E do K , bo iedna część nici ML coraż bardzię się skraca, gdy bloszek idzie ku I . Że zaś nie cała zawsze iednakowę jest długości, częśc ię iedna ML tém się krótsza staje, im druga część KL bardzię się podłuża, to jest: ciężar w każdę czasu minucie, przez tylć miejsca w górę idzie droga ML , ilć bloszek posuwając się ubiegą na linii KI . Zaczem miejsca obu biegami poiedynczemi w jednym czasie przebyte, są zawsze sobie równe, bądź bloszek prędko, bądź

Doświadczenie
względem
składania
biegu.

Fig. 2.

bądź z wolna ciągniony bywa. Wieg o-
badwa biegi są sobie podobne, (§ 7.) za-
czem ciężar na przekatni EI w górę
się wznosi. (§ 8.)

ROZDZIAŁ II.

O biegu postępnym.

§. I.

Już poprzednie widzieliśmy (Roz. I.
§. 6.) że na każdéj linii prostéj AG, któ-
rą się w ten sposób posuwa, iż zawsze
w położeniach swoich jest równoodległa,
że mówię w takiéj linii wszystkie punkta
mają biegi całe równé i podobné, albo-
wiém bieg pewnego punktu A z biegiem
innego iakiégo punktu M zupełnie się zga-
dza, gdybyśmy punktu iedn na drugim
położyli. Mówimy w tym razie, iż
wszystkie punkta linii AG mają *tenże sam
kierunek*, ponieważ kierunki równoodle-
glé różnią się tylko miejscami, z których
punkta wyruszone idą, zaczęm caleby się
zeszły, gdyby punkt iedn z tegoż samego
miejsca wychodził, co i drugi. Takowy
to bieg ciała, którego wszystkie punkta,
z równą prędkością iednakowo kierowane
zawsze idą, *biegiem postępnym* (motus pro-
gressivus) nazywamy.

§. II.

§. II.

Xiązka n. p. na stole posunięta, má ta-
kowy bieg postępný; każdy zaś widzi,
że odległości między icý czastkami, tak-
owym biegiem bynajmniéj się nie odmiénia-
ją. Także gdy linią AG suniemy, a pun-
kta icý A i L razem przychodzą na B i E,
albo téż A i M razem na C i F, zawsze
jest $BE = AL$, i $CF = AM$. Toż samo się
dzieje w każdém ciele postępującém;
gdyż wszystkie linie między drobnými
czastkami ciała powiedzione tak bynaj-
mniéj się nie odmiéniają, iak AL lub AM .
Takowými zaś liniami wymierzają się
odległości między czastkami. Zaczem
wszystkie czastki i każdą z osobną w ciele
bieżącém nie odmiéniają między sobą od-
ległości, w jakimkolwiek biegu postępnym
zostaje ciało.

§. III.

Zaczem bieg postępný bez wątpienia
jest to bieg najpospolitszy ciałóm stałym,
a zatem kiedykolwiek powiemy bez do-
datku o biegu, zawsze to o biegu po-
stępnym ma się rozumieć. Te zaś ciała
stałemi (continens) nazywamy, których
części tak mocno są spoione, iż się nie
rozlatują choć ic w górę podnosimy, iak-
że są żelazo, krzemień, drzewa i t. d.
Nigdy bowiem między ich czastkami od-
ległości nie odmiéniają się, iakóžkolwiek
ic poruszamy. Niektóre ciała stałe są
miękk-

Biegiem po-
stępnym
nie odmié-
niają się od-
ległości
między
częściami
ciała bie-
żącego.

Fig. 1.

Bieg ze-
wnętrzny
i wnetrz-
ny.

miękkie, iak to piłka, którą łatwo ścisnąć można, *drugie* twarde, iak to kamień. Wszelki bieg, któremu ciało stałe podlegać może, to jest: bieg którym się odległości między częstkami ciała zgoła nie odmienniają, nazywa się *biegiem spólnym*, czyli *zewnątrznym*, taki jest bieg kamienia, kuli drewnianej albo ołowianej i t. d. Przeciwny temu biegowi jest ruch *wewnętrzny*, który się w ten czas dzieje, gdy się odległości między częstkami ciała iakię odmienniają. Taki ruch wewnętrzny sprawujemy n. p. w wodzie stojący, gdy ją laską mięszamy.

§. IV.

Ruch koła.
wy jest
spólny.

Łatwo tedy wyrozumiéwamy, że wszelki bieg postępnny, zawsze jest spólny, gdyż przezén odległości między częstkami ciała bynajmniejszy się nie odmienniają. Lecz nie sam bieg postępnny jest spólnym ale i *ruch* n. p. kołowy (*motus rotationis*) jest takimże. Gdyż iakié ciało i obracać się może, bez żadney między swemi częściami w odległościach odmiany, co się prawdzi na kole młyńskim, które kręcąc się, żadnego nie ma biegu postępnego. Kula zaś po ziemi potoczona kręci się razem i postępuje. Toż się dzieje z kołami wozowemi, gdy wóz idzie. Ruch zaś wewnętrzny w niektórych częściach ciała znajduje się, iako to bicie serca w każdym zwierzęciu dopóki żyje, albo też obrót kółek

kółek w jakiéy *samoruchni* (automa.) Bywá i ten ruch wewnętrzny, co do całego ciała często spólny, gdy tylko zważamy tę albo owę część iego. Gdy n. p. w jakiéy samoruchni jedno koło w tę drugie w przeciwna obracać się strong, odległości między zębami obu kół i między innemi tychże kół częściami ustawicznie się odmienniają, zaczęm ten ruch względem całego samoruchni jest wewnętrzny. Lecz wszystkie koła mają bieg spólny, gdyż się tylko kręca.

§. V.

Jeżeli tedy w jakim ciele jest bieg postępnny, wszystkie iego części, wszystkie punkta fizyczne (Wstęp Rozd: XV. §. 8.) równy bieg mają, to jest z jednakową prędkością i w jedną strong dążą. Lecz trzeba nam pamiętać na to, że w każdym ciele niezmienna moc znajduje się mieysce próżnych między częstkami ciała (Wstęp Rozd: XV. §. 9. 10.) Dajmy tedy że te mieysca próżne nowemi się częstkami napełniły, które w tenże sam sposób bieg mają iak pierwsze części ciała, czyli że ciało gęstszem się stało niż było, (nie odmienniwłzy rozciagu) wypadá stąd rzecz, iż się tym sposobem bieg całkowity ciała przez takową odmiannę pomnaża. I gdyby we dwoie większy gęstości nabyło ciało, we dwoieby téż iego bieg się pomnożył. A ogólnie mówiąc, bieg ciała nigdy inaczej byđ

Bieg postępnny, gdy inne okoliczności są równé, jest w stosunku gęstości ciała bieżącego.

bydź nie może, iak w stósunku miąższości, to jest: w stósunku liczby cząstek, ięśli tylko każda z osobna cząstka równą ma prędkość i kierunek. Jeżeli bowiem bieg każdej cząstki wyrażamy przez 1, bieg całego ciała będzie iak liczba z takich jednostek złożona. Jm zaś ciało z więcej równych składa się cząstek, iędnakową prędkość i kierunek mających, tém ta liczba staie się większa, a zatém i bieg całkowitego ciała iest większy.

§. VI.

Toż samo się dzieie, gdy ciało poruszonné, czyli w biegu będąc powiększy się i co do rozciagu, i co do miąższości iędnakowo gęstém zostaiąc, gdyż to nic nie czyni, że cząstki nowe zewnątrznie albo wewnątrznie ciała przybywaią. Lecz gdy wystawniemy sobie w myśli, że iakie ciało iuż gęstszém się staie, iuż rzadszém, iuż większém, iuż mnieyszém, w samęy rzeczy zważamy wiele ciał różnéy miąższości i gęstości. Zaczém dwóch iakichkolwiek ciał biezących z iędnakową prędkością i kierunkiem, biegi postępné są w stósunku ich miąższości; taż prawda ma mieyscé, choć kierunki ciał różné będą. Ponieważ wielkość biegu bynáyminięy nie zawisła od ięgo kierunku, lecz tylko od wielu odmian mieysca, (Wstęp. Rozd: XVI. §. 2.) bądź té odmiany dzieia się w tę lub owę stronę. Zaczém ogólnie twier-

dzieć

dzie można, że gdy dwa iakie ciała w biegu idą z równą prędkością; bieg ich postępný iest w stósunku miąższości ciał.

§. VII.

Lecz ięśli dwa ciała, których miąższości są równé, z nierówną idą prędkością, biegi ich postępné są w stósunku prędkości. Daymy bowiem, że prędkość iędnęgo ciała iest do prędkości drugiego, iak 2: 3, linie téż prosté, w jakimkolwiek czasie danym, wykręśloné od dwóch punktów fizycznych, z których iędný znajduie się w iędném, a drugi w drugiem ciele, są w stósunku 2: 3, iężeli dané biegi bez żadnéy odmiany trwaią. Zaczém i summa mieysc przebieżonych od obu punktów fizycznych w równym czasie, iest w stósunku 2: 3. Przeto i odmiana mieysc obu punktów czyli bieg, (Wstęp. Rozd: XVI. §. 2.) iest w tymże samym stósunku 2: 3. I tak gdy iędnó ciało ma n. p. 1000 punktów fizycznych równych, drugi także składać się będzie z tysiąca takowychże punktów (gdyż obu ciał miąższości są równé;) bierzmy tedy, że bieg iakiego punktu w ciele iędném iest = A, w drugiem = B, bieg całkowity piérwșzego ciała stanie się = 1000 A, drugiego = 1000 B, (§. 5.) A że pokazaliśmy, iż iest A: B = 2: 3. więc i 1000 A: 1000 B = 2: 3, to iest: biegi postępné całych ciał będą w stósunku prędkości.

§. VIII.

Biegi postępné ciał iędnakową prędkość mających są iak ich miąższości.

Biegi postępné ciał równych miąższości są w stósunku prędkości.

§. VIII.

Biegi po-
stepne ciał
są w sto-
sunku skła-
danym
z miąższo-
ści i pręd-
kości.

Stąd łatwo wnieść możemy, że biegi postępné iakichkolwiek ciał, są w stósunku składanym z miąższości i prędkości tychże ciał. Niech będzie n. p. bieg postępný jeden M, miąższość ciała 3. prędkość 5, bieg zaś drugi także postępný N, miąższość ciała 3. prędkość 4; a znajdziemy M: N = 5: 4 (§. 7.) Nad to ciało mając miąższości 6, niech idzie biegiem postępnym m, prędkością 4, takowąż, iaka jest w biegu N; a będzie N: m = 3: 6 (§. 6.) Zaczém składając będzie M: m = 3. 5: 4. 6 = 15: 24 = 5: 8. Podobnymże sposobem i w innych iakichkolwiek biegach postępných stósunek łatwo znaleźć można.

R O Z D Z I Á Ł III.

o samowolném ciał spądaniu.

§. I.

Ciało spo-
czywające
nie może
bydź poru-
szone, chy-
ba przez
iaka siłę ze-
wnętrzną.

Kto nie znajduje książki tam, gdzie ją przed niejakim czasem położył, sądzi, że stamtąd książkę wzięto. Gdyż wydałby się na pośmięch, gdyby trzymał, że książka sama przez się z jednego miejsca na drugie przeszła. I tak gdy iakié ciało zaczyna mieć ruch, każdy sądzi, iż owo poruszenie nie od samego ciała, ale od iakiéj siły zewnętrznej pochodzi. Bo żadną odmianą w ciele, albo w jego stanie, bez przyczyny zacząć się nie może, i gdy ta przyczyna wzru-

wzrusza ciało w czasie poczynaiący się odmiany, musi bydź różną od tego ciała. Zaczém żadné ciało spoczywające nie może się z siebie porużyć, chyba przez niejaką siłę zewnętrzną, to jest różną od samego ciała.

§. II.

Podobnymże sposobem i ciało, które raz jest porużone, ani się zatrzymać, ani biegu swego odnieść żadnym sposobem nie może, chyba że iaka przyczyna zewnętrzna na nie siłę wywiera; bo ta odmiana stanu ciała zawsze pochodzi od przyczyny, która się różni od samego ciała. Zaczém ogólnie mówiąc, żadné ciało samo przez się ani spoczynku na bieg, ani biegu własnego na spoczynek zamienić nie może, chyba to sprawi działaniem swoim przyczyna iaka zewnętrzna, to jest taka która się nie znajduje w samym ciele. Tę własność ogólną wszystkich zgoła ciał Filozofowie *bezwładnością* (inertia) tychże ciał nazywają.

Bezwład-
ność ciał.

§. III.

Doświadczenie zdaje się bydź wpráwdzie przeciwné bezwładności ciał, gdyż wszelkie biegi, na które codziennie patrzymy, bez żadnej przyczyny zewnętrznej widzianey, albo ustawicznie się odminiają albo zupełnie giną. Lecz trzeba pamiętać na to, że cała ziemia zewsząd jest powietrzem otoczona, które chociaż nam

Przez od-
pór powie-
trza ruch
ciół około
nas będą-
cych sta-
bieje.

B

pod

pod oko nie podpada, iednakże wszelkiemu ciąż poruszeniu znacznie się opiera (Wstęp. Rozd. X. §. 22.) dla téj albowiem przyczyny prędkość iakiegożkolwiek ciała ziemskiego w biegu coraz słabieje, a na reszcie i cale ustaie.

§. IV.

Bieg ciał które nas otaczaia, często się odmiienia przez ich ciężkość.

Nad to, wszystkie ciała nas otaczaiące, ciężkie, przez co się dzieie że poruszone, iesli cale na inném cieie nie są wsparte, pospolicie kierunek i prędkość odmiieniaia, bez żadney widzialney przyczyny, gdyż to, co ich ciężkość sprawiaie, pod nazię oczy nie podpada. I tak kamień ukośnie rzucony nigdy prosto nie leci, ale coraz bardzię ku ziemi się zbliża, a w reszcie na ziemię upada. Zaczem bieg swój ustawicznie odmiienia, bohy zawsze prosto biegł podług pierwszego kierunku, gdyby go nie odmiieniał. (Wstęp. Rozd. XVI. §. 9.) A ta odmiana stąd pochodzi, że ciężar kamienia ustawicznie pędzi go na dół. Dla téjże samęj przyczyny kule z dział wystrzelone podobnyż bieg maią.

§. V.

Tarcie iest także przyczyną odmiiany ruchu.

Może wprowadzie iakie ciało tak biędz, żeby iego ruch nie podpadał odmianie dla ciężkości, n. p. na powierzchni poziomej iakiey rzeczy nie ruszaiący się. Ale i w ten czas z inney znouu przyczyny bieg iego, to iest przez ustawiczne tarcie odmiienia się i słabieie, które to tarcie zawsze zna-

znaczne iest, gdy iakie ciało na powierzchni dragięgo bieży i tę powierzchnią ciśnie, bądź że ta powierzchnia iest pozioma, bądź że nie iest. (Wstęp. Rozd. XIII. §. 4.) Zaczem różne są przyczyny, przez które wszelkie zgoła okolo nas będaće ruchy ustawicznie się odmiieniaia i słabieia, tak dalece, że w żadnym równa zawsze prędkość, i ténże sam kierunek trwać nie może i ta ustawiczna odmiana nie sprzeciwia się ciał bezwładności; ponieważ bezwładność ciał czyni ie nie maię obojętne do biegu iak do spoczynku.

§. VI.

Niektóre ciała maią w sobie osobną przyczynę ruchu oprócz ciężkości, którą iednak przyczynę *zewnątrzną* nazywamy względem ciała, dla tego, że nie iest tém samém co ciało. I takie są zwierzęta, które póki żyia, od wnątrney nieiakiey przyczyny ruch maią, która działać poprzestaie, gdy obumieraią. Ale kule n. p. ołowiane dREWNIANE i t. d. i bardzo wiele tegoż rodzaju ciał, takiego początku ruchu, oprócz ciężkości nie maią, a zatém stanu swego odmiienić nie mogą, tylko przez własny ciężar, albo przez iaką *zewnątrzną* siłę. Gdyby tedy takie ciało spadało w mieyscu cale wolném od przeszkód i gdzieby nie się nie znajdowało, coby na nie siłę wywrzeć mogło; iawna iest rzecz, iż ruch ciała od ciężkości sprawiony, ani bydz osłabio-

Ciała w próżni (in vacuo) spadaią bez żadney odmiany biegu sprawionego ciężkością

nym ani odmienić się żadnym sposobem nie mógłby.

§. VII.

Przypu- Każde ciało ciężkie, które z pewnej
czynie (hy- wysokości spada, w czasie spadania, równie
potesis) ciężkiem ustawicznie zostaje, o czém nikt
Jest rze- nie wątpli. Gdy tedy samą ciężkością spá-
czą bardzo da, dowodliwo jest, iż bez przestanku ie-
dowodli- dnakowo mu biegu przybywa w równych
wą, że cięż- czasach; bo działania poprzedzające cięż-
kość ciał mocy, a nowe ie-
równie bie- dnakowe w następnych czasach przybywa-
gi sprawu- ia. To przypuściwszy, obaczmy, iaki
ie w ró- powinien być bieg ciała, gdy na miejsce
wnych cza- od przeszkód zupełnie wolném samowol-
sach. nie spada. Jeżeli bowiem doświadczenie
pokaże, że w samej rzeczy takowy bieg
ciał samowolnie w próżni spadających
znayduie się, można będzie pewnie stąd
wnieść, że nasze przypuszczenie o ró-
wności przybywania biegu w równych
czasach sprawionego, jest prawdziwe i pe-
wne.

§. VIII.

Predkość Przeto gdy kula ołowiana, albo inne
ciał wol- iakić ciało w przestrzeni próżnej spada
nie spáda- w jednéj sekundzie, albo przez inny czas
iacych, u- przeciąg, dla swojej ciężkości nabywa
stawicznie pewnego biegu, który oznaczam przez
się pomną. jednostkę, w drugim czasie równym zno-
Za wstósun- wu biegu przez taką jednostkę, w trze-
ku czasu. cim czasie równym znowu biegu podobnie
i t. d.

i t. d. A że te wszystkie biegi odprawiają się na tychże samych liniach pionowych, i ciało zawsze utrzyma każdy bieg począty nie odmienniając go, (§. 7.) koniecznie stąd idzie, że cały bieg tego będzie złożony, i po wypłynięciu drugiego czasu summa biegów $1. + 1. = 2$, po skończeniu trzeciego czasu $= 3$ i t. d. (Xię. 1. Roz. 1. §. 2.) słowem, przy końcu iakiękolwiek czasu, który się od samego początku spadania zaczyna, bieg ciała będzie w stosunku czasu. Ze zaś doświadczenie naucza, iż wszystkie biegi ciał samowolnie spadających z ciężkości pochodzące, są biegami postępnymi, takie zaś biegi przy jednakowych ciał mierzalnościach zawsze są iak ich chyżości (Xię. 1. Rozd. 2. §. 7.) idzie zatem koniecznie, że i prędkość iakiękolwiek ciała w próżni samowolnie spadającego przy końcu każdego czasu, który się zaczyna od samego początku spadania, jest iak czas, to jest: w takim razie czas jest wymiarem prędkości.

R O Z D Z I A Ł IV.

o biegu iednostaynie przyśpieszonym.

§. I.

Taki bieg ciał samowolnie spadających, iaki podług naszego przypuszczenia być powinien, nazywa się biegiem iednostaynie przy-

Bieg iedno-
staynie
przyśpie-
szony.

Fig. 3.

przyspieszonym (*æquabiliter acceleratus*), gdyż o wszelkim biegu, którego prędkość nieustannie coraż bardziey a bardziey się pomnaża mówimy, że jest przyspieszony. Jeżeli prosta linia AE , oznacza czas iakięgo biegu i jest podzieloną na ilekolwiek części równych AB, BC, CD, DE , i t. d. każda zaś linia do AE . prostopadła BF, CG, DQ, EK . i t. d. oznaczają prędkość przy końcu czasu AB , albo BC, CD , albo DE , tedy poprowadziwszy linią przez punkta A, F, G, Q, K . cała Figura nazywa się *podziałką prędkości* (*scala celeritatum*) w tym biegu.

§. II.

Bieg nie iednostayny.

Fig. 4.

Pierwszy moment spadania ciała, nie wchodzi w rachunek prędkości biegu iego. Zaczem punkt A , oznaczający początek biegu jest spólny podstawie i linii AK , na podziałce prędkości owęgo biegu. A że prędkość BF , jest do prędkości CG . iak $AB: A.C. (§. 9.)$ więc linia AK . jest prosta, a sama podziałka będzie troykatem prostokątnym i przez taki troykat można wyrazić każdy bieg iednostaynie przyspieszony. Linia $AFGK$. czyli AK . może też bydz krzywa, a w tén czas iawná jest rzecz, iż tén bieg nie będzie iednostaynie przyspieszony, któremu służy taka krzywa podziałka. Ogólnie mówiąc, wszystkie takowe biegi, w których prędkość ustawicznie się odmiénia, nazywane bywaią

nie-

nieiednostaynymi (*inæquabiles*). Jako bowiem linia krzywey żadná cząstka nie jest prostá, tak też i biegu nieiednostaynego wszystkie cząstki muszą bydz nieiednostayne, ale w nich prędkość ustawicznie się odmiénia.

§. III.

Jeżeli iaki punkt iednostaynie bieży w przeciagu czasu c , prędkością p . przez miejsce m , a w przeciagu czasu C . prędkością P . przez miejsce M ; będzie $P:p = Mc: mC$ (Wstęp. Rozd. XVI. §. 6.) a przeto $Cm P. = c M p$. i $M: m = PC: pc$. Zaczem jeżeli $AH = p$. $= BF, BI = P = ER$; $AB = c$, i $BE = C$. będą miejsca M i m , w stosunku prostokątów $BIRE$, i $H F B A$, tak dalece, że w podziałce prędkości przez podstawę czas, przez pionowe AH, BI . i t. d. prędkości, przez place między temi prostopadłymi leżące, miejsca przebieżone oznaczają się.

Fig. 3.

§. IV.

Żebyśmy zaś i miejsce oznaczyli biegiem iednostaynie przyspieszonym iakięgo punktu w czasie AE przebyte, którego podziałka prędkości jest $A E K$, a prędkość $E K$. po wypłynionym czasie $A E$. rozdzielmy tén czas $A E$. na wiele chcemy części równych AB, BC, CD, DE , i wystawmy sobie w myśli dwa biegi P i Q . przez każdą z tych równych części czasu iednostayné. Pierwszy bieg P , niech ma zawsze

Miejsce biegiem iednostaynym przyspieszonym przebyte, można oznaczyć za pomocą innych dwóch biegiów $P Q$.

Fig. 4.

wsze tę prędkość, w całym przeciągu czasu jakimkolwiek, która istnieje na końcu w nim była, drugi zaś Q. prędkość początkową a będzie biegu P prędkość przez czas $AB=BF=AH$; przez czas $BC=CG=BI$. przez czas $CD=DQ=CR$ przez czas $DE=EK=DS$. Biegu zaś Q. w czasie AB, prędkość nie będzie żadną w czasie $BC=BF=Cc$, w czasie $CD=CG=Cd$, w czasie $DE=DQ=Ee$. Zaczęć biegiem P. w czasie AB, przebywa się miejsce AB FH. a w czasie AE. miejsce placu kącistego AHFIGRQSKE; biegiem zaś Q. w tymże samym czasie miejsce BFc Gd Qe EB (§. 3.).

§. V.

Jest zaś ten plac kącisty AHFIGRQSKE, równy trójkątowi AEK. dodawszy trójkąty AHF, FIG, GRQ, QSK, a drugi plac wewnętrzny BFc Gd Qe temuż trójkątowi AEK. równa się odiawszy trójkąty AFB, FGc, GQd, KQe; łatwo poznać że wszystkie te trójkąty małe, są sobie równe. Zaczęć każdy z nich jest $=\frac{1}{2}BF$. AB; że zaś liczba trójkątów tak zewnętrznych iako i wewnętrznych jest równa liczbie części czasu AE. będą więc obiedwie summy tak wewnętrznych iako i zewnętrznych placów $=\frac{1}{2}BFAE$. Zaczęć miejsce w czasie AE biegiem P. przebył jest $=\frac{1}{2}EK$. AE $+ \frac{1}{2}BF$. AE, a miejsce, które się drugim biegiem Q. w tymże samym czasie

sie AE. przebywa $= + \frac{1}{2}EK$. AE $- \frac{1}{2}BF$. AE.

§. VI.

Prędkość biegu P. w jakiegokolwiek części czasu, jest zawsze większa od prędkości w biegu jednostajnie przyspieszonym, a prędkość w biegu Q. mniejsza. Że bowiem prędkość w biegu przyspieszonym ustawicznie przybywa, niech będzie ta prędkość $= CG$. n. p. na początku cząstki czasu CD, na końcu zaś $= DQ$, iasną jest rzecz, że taż prędkość przez całą ową część czasu, między początkiem i końcem większa była od CG, a mniejsza od DQ. A że CG. jest prędkością stałą w biegu Q. na czas CD; zaś DQ jest prędkością stałą w biegu P na ténże sam czas CD; zaczęć miejsce w części czasu CD przebył biegiem Q. zawsze będzie mniejsze; miejsce zaś biegu P. większe od miejsca biegiem jednostajnie przyspieszonym przebył w téjże samej chwili czasu CD przebył. Gdyż prędkości w jakimkolwiek biegu nie poznaemy z pewnego czasu, ale z miejsca w owym czasie ubiezonego, a przeto tén była większa, im było większe miejsce przebieżone, a zatem koniecznie miejsce przebieżone w pewnym czasie jest większe, im większa była prędkość w tymże czasie. Że zaś to, cośmy powiedzieli o części czasu CD, o każdej innéj części mówić należy, wnosi się stąd ogólnie, iż na wiele chcąc części po-

Miejsce biegu P, zawsze jest większe, a miejsce biegu Q. mniejsze od miejsca biegu jednostajnie przyspieszonego, które się w tymże samym czasie przebywa.

Wielkość
miejsca
w biegach
P. i Q.

sie

dzie-

dzieliwszy, miejsce biegiem P przebyte, w czasie AE, zawsze jest większe, a miejsce w tymże czasie, biegiem Q przebyte, zawsze mniejsze od miejsca, przez które bieg iednostaynie przyspieszony odbywa się w czasie AE.

§. VII.

Miejsce biegiem iednostaynie przyspieszonym w czasie AE przebyte, nie może być większe od trójkąta AEK.

Pamiętając znaczenie biegów P i Q, oraz przekonawszy się, że miejsce biegiem pierwszym przebyte jest większe, a drugie mniejsze od miejsca biegiem iednostaynie przyspieszonym w tymże samym czasie przebytego; przekonać się też można, iż miejsce biegiem iednostaynie przyspieszonym w czasie AE przebyte, nie może być większe od trójkąta AEK (Fig. 4.) czyli $\frac{1}{2}$ EK. AE. Na okazanie téj prawdy, dajmy że rzeczóné miejsce większe jest od trójkąta AEK. ilością b^2 wyrażającą jakąś płaszczyznę n. p. trójkąt, a zatem że toż miejsce jest $= \frac{1}{2}$ EK. AE. + b^2 . Przypuśćmy jeszcze, że trójkąt AEK. i płaszczyzna b^2 mają (a) ieden wymiar (dimensio) spólny, a tym niech będzie $\frac{1}{2}$ EK., tak dalece, iż drugi wymiar płaszczyzny b^2 nazwawszy p, będzie $\frac{1}{2}$ EK. $\frac{2b^2}{p}$. skąd $p = \frac{2b^2}{EK}$, toż EK. $= \frac{2b^2}{p}$. Oprócz tego niech będzie linia AB. częścią wymierną

(a) Każda płaszczyzna má dwa wymiary, a tém są długość i szerokość.

mierna linii AE. mniejszą od p, a cała AE, na takie części jaká jest AB. Poprowadźmy prostopadłą BF. a z podobieństwa trójkątów ABF, AEK, wypadnie BF $=$

$$\frac{EK \cdot AB}{AE} = \frac{2b^2 \cdot AB}{AE \cdot p} \quad \text{gdzie za EK. war-}$$

tość jest położona. A że podług przypuszczenia jest $p > AB$, więc w ostatniem zrównaniu mnożnik $\frac{AB}{p}$ jest ułamkiem prawdziwym, czyli ilością mniejszą od iedności, zatem mnożnik drugi $\frac{2b^2}{AE}$ mnożony przezeń zmniejsza się; a tak BF $< \frac{2b^2}{AE}$,

czyli mnożąc oba té wyrazy przez $\frac{1}{2}$ AE. będzie $\frac{1}{2}$ BF. AE $< b^2$. A że miejsce biegiem P. w czasie AE przebyte mieliśmy $= \frac{1}{2}$ EK. AE + $\frac{1}{2}$ BF. AE. (§. 3.) a zatem różnica między témże miejscem i trójkątem AEK. mniejsza jest od b^2 . Miejsce zaś biegiem iednostaynie przyspieszonym w czasie AE przebyte, zawsze jest mniejsze od miejsca $\frac{1}{2}$ EK. AE. + $\frac{1}{2}$ BF. AE. (§. 4.) Przeto jeżeli jest większe od trójkąta AEK nigdy od niego być nie może większe ilością b^2 co jest przeciwko przypuszczeniu. A zatem owo miejsce biegu iednostaynie przyspieszonego, nie może być większe od trójkąta AEK.

§. VIII.

Utrzymawszy też samé przypuszczenia i warunki, iakie były w §. poprzedzającym, Miejsce biegiem ied-

doostaynie
przyspie-
szonym
w czasie
AE, przeby-
tę, równa-
się trójką-
towi AEK.

łatwo widzieć można, że miejsce biegiem
jednostaynie przyspieszonym w czasie AE
przebyte, nie może też być mniejsze od
trójkąta AEK. Niech by bowiem było
mniejsze płaszczyznę b^2 zrównanie

$$BF = \frac{2b^2}{AE} AB.$$

iako też warunek z niego
wypadający $\frac{1}{2} BF$. AE $< b^2$ okazuje, iż
miejsce biegiem Q wymierzone w czasie
AE, to jest $\frac{1}{2} EK$. AE $— \frac{1}{2} BF$. AE. (§ 5.)
mniejsze jest od trójkąta AEK, ilość $\frac{1}{2}$
BF. AE, a która to ilość jest mniejsza od
 b^2 . Ze zaś toż miejsce biegiem Q wy-
mierzone, jest mniejsze od miejsca biegu
jednostaynie przyspieszonego (§ 6.) wy-
pada więc stąd, iż miejsce w biegu iedno-
staynie przyspieszonym, jeżeli jest mni-
sze od trójkąta AEK, mniej się od niego
różni niż ilością b^2 co jest przeciwko przy-
puszczeniu. Zaczem miejsce biegiem
jednostaynie przyspieszonym w czasie AE
przebyte, nie może być ani większe ani
mniejsze od trójkąta AEK, więc jest mu
równe. A tak gdy jest nie tylko bieg ie-
dnostayny, ale też i jednostaynie przy-
spieszony, płac w podziałce prędkości za-
wsze wyraża miejsce przebyte.

§ IX.

Niech będzie AB = 1, AC = 2,
Miejsca biegiem iednostaynie przyspieszonym w czasie AE, przebyte, równa się trójką-
towi AEK. AEK. AE $— \frac{1}{2} BF$. AE. (§ 5.)
mniejsze jest od trójkąta AEK, ilość $\frac{1}{2}$
BF. AE, a która to ilość jest mniejsza od
 b^2 . Ze zaś toż miejsce biegiem Q wy-
mierzone, jest mniejsze od miejsca biegu
jednostaynie przyspieszonego (§ 6.) wy-
pada więc stąd, iż miejsce w biegu iedno-
staynie przyspieszonym, jeżeli jest mni-
sze od trójkąta AEK, mniej się od niego
różni niż ilością b^2 co jest przeciwko przy-
puszczeniu. Zaczem miejsce biegiem
jednostaynie przyspieszonym w czasie AE
przebyte, nie może być ani większe ani
mniejsze od trójkąta AEK, więc jest mu
równe. A tak gdy jest nie tylko bieg ie-
dnostayny, ale też i jednostaynie przy-
spieszony, płac w podziałce prędkości za-
wsze wyraża miejsce przebyte.

2, 3, 4, i t. d. przebyte (każde wzglę-
dém swego czasu ujęte) iak trójkąty ABE,
ACG i t. d. to jest: 1, 4, 9, 16, i t. d.
iak kwadraty czasów, albo kwadraty
prędkości, to jest: 4, 16, 36, 64, i t. d.
W pierwszym zaś czasie 1. przebieżone
bywa miejsce 1, w drugim czasie rów-
nym pierwszemu miejscu 3, w trze-
cim 5, w czwartym 7. i t. d. Słowem
miejsca ABE, FBCG, GCDQ i t. d. w rów-
nych przeciągach czasu następnie prze-
byte, rosną iak liczby nie parzyste, co
sama figura okazuje. Powszechnie zaś
mówiąc, gdy jest AB = c; BF = p. mie-
scę przebieżone = m, nad to ow iakikol-
wiek przeciąg czasu od początku biegu
AD = C. prędkości przy końcu tegoż
czasu DQ = P. miejsce ADQ, w tym
czasie przebieżone = M; będzie m: M =
c p: $\frac{1}{2}$ CP = cc: CC = pp: PP.

§ X.

Niech będzie KX. do linii AE równo-
legła i AX. do linii EK także równole-
gła, a iasna jest rzecz, że gdyby iaki
punkt z takową prędkością EK, iaką tén-
że punkt miał w jednostaynie przyspie-
szonym swym biegu przy końcu czasu
AE, przez cały czas AE, bez żadney
w biegu odmiany jednostaynie postępo-
wał, miejsce tym biegiem wymierzone,
byłoby równe prostokątowi AXKE (§ 7.)
a zatem do miejsca w tymże czasie bie-
giem

przyspie-
szonym
przebyte,
sł iak kwa-
draty cza-
sów albo
kwadraty
prędkości.

Jak mamy
sobie wyo-
brażać prę-
dłość w bie-
gu iedno-
staynie
przyspie-
szonym.

giem iednostaynie przyspieszonym prze-
bytęgo, byłoby w stosunku 2: 1. zaczę-
punkt w iednostaynie przyspieszonym
biegu będący, na końcu każdego czasu
rachowanęgo od początku biegu, tak ma
prędkość, iż tą samą w równym czasie
przeciągu miejsce we dwoie większe
mógłby przebydź iednostaynie bieząc. I
tym to sposobem wyraznie poznaiemy ie-
go prędkość mianą w każdej czasu
chwili.

§ XI.

Mając zna-
ne miejsce
biegiem ied-
nostaynie
przyspie-
szonym
przebyte,
oznaczyc
tego pręd-
kość.

Ponieważ w biegu iednostaynie przy-
spieszonym miejsca są w stosunku kwa-
dratów z czasów na ich przebycie str-
wionych, przeto jeżeli punkt iaki bie-
żąc biegiem iednostaynie przyspieszonym
w przeciągu iednęj sekundy przebywa
 $15\frac{1}{12}$ stóp Paryzkich w przeciągu - -
2 sekund przebędzie 60 stóp + 4 cale

3. 135. + 9.

4. 241. + 4.

5. 377. + 1.

it. d.

it. d. ..

Że zaś biegiem takowym spadając cia-
ło, nabywa przy końcu czasu danęgo ta-
kięj prędkości, iż nią może przebydź bie-
giem iednostaynym miejsce dwa razy
większe w tymże samym czasie; zatem
nabywa prędkości do bieżenia iednostaynie
po upłynionęj 1ey sekundzie biegu przy-
spieszonęgo przez - - 30 stóp + 2 cale

2ch

2ch	60	+ 4.
3ch	90	+ 6.
4ch	120	+ 8.
5ciu	150	+ 10.

i t. d. i t. d.

Jeżeli więc punkt iaki w przeciągu
pewnego czasu n. p. 21." z takiem iak
wyżey przyspieszeniem biegł, miejsce
przebieżonę X znajdzie się przez tako-
wą proporcją 1: 21. 21. = $15\frac{1}{12}$ stóp: X,
skąd $X = \frac{181 \cdot 441}{12}$ stop pary. = 6651.
stop + 9 cal: A że w tym samym czasie
nabytą tą prędkością biegiem iednostay-
nym przebydź się może miejsce dwa
razy większe: zatem liczbę 6651 stóp + 9
cal: mnożąc przez 2, i dzieląc przez 21.
liczbę sekund, znajdziemy 633. stóp + 6
cal: miejsce, które punkt dany prędko-
ścią nabytą, bieząc iednostaynie przebydź
może w przeciągu iednęj sekundy. Miey-
scę zaś to okazuje prędkość nabyta bie-
giem przyspieszonym w czasie 21."

§ XII.

Przeciwnie zaś gdy dana iest pewna
prędkość n. p. taka, któraby w przecią-
gu iednęj sekundy, 724 stóp Paryzkich
biegiem iednostaynym przeysć można by-
ło, a szukamy miejsca, któreby punkt
biegiem iednostaynie przyspieszonym prze-
bywszy, a w piérwszy spadania sekun-
dzie przez $15\frac{1}{12}$ stóp Paryzkich lecący,
takięj prędkości nabył, iaka iest dana, któ-
rę

Co iest
mieyscé
do prędko-
ści daney
należące i
iak ie wy-
naléć?

ré to miejsce nazywamy *miejsce do prędkości danej należącym* w następujący sposób tego dojdziemy. Prędkość nabyta po wypłynięciu jedney sekundy, to jest: 30 stóp, 2 cale, jest do prędkości danej 724 stóp, w stosunku 1: 24. Ze tedy prędkości w biegu jednostaynie przyspieszonym są iak czasy, idzie zatem, iż punkt biédz powinien przez 24," żeby nabył takię prędkości, iaka jest dana. Zaczém wypada 1: 24. 24 = 15 stóp 1 cal do wysokości szukaney która się pokazuje bydź 181. 48, albo 8688 stóp Paryzkich; to jest: punkt przebiegłszy wysokości czyli miejsce 8688 stóp wysokie, biédzie miał taką prędkość, któraby przebył 724 stóp Paryzkich biegąc jednostaynie przez 1. sekundę.

§ XIII.

Wyrażenie ogólne stosunku między prędkością i miejscem w biegu, jednostaynie przyspieszonym.

Ogólnie nazwiemy liczbę stóp Paryzkich, które iaki punkt przechodzi biegiem jednostaynie przyspieszonym s , a biédzie prędkość punktu na końcu téj sekundy $2s$. to jest punkt prędkością nabytą jednostaynie biejąc uysć może w jedney sekundzie $2s$ stóp Paryzkich. Jeżeli tedy powszechnie mówiąc przebiega iakiekolwiek miejsce m , i przy końcu swęj drogi ma prędkość p , któraby jednostaynie idąc mógł przeysć przez p stóp Paryzkich w jedney sekundzie, biédzie $m = pp$: $4ss$, a zatem $p = 2\sqrt{ms}$, a zaś

m

czyli miejsce do prędkości p należące biédzie $\frac{p^2}{4}$; i tak w przykładzie wyżej przywiedzionym $p = 724$, $s = 15 \frac{1}{2}$, a zatem $m = \frac{724 \cdot 724 \cdot 12}{724} = 724 \cdot 12 = 8688$. Gdyby zaś było $p = 905$, byłoby $m = \frac{905 \cdot 905}{601} = 1357 \frac{1}{2}$.

ROZDZIAŁ V.

o doświadczeniach około spadania ciół.

§ I.

Ponieważ powietrze z bani szklanej albo z jnnego naczynia prawie ze wszystkiém wyciągnąć można używszy pompy powietrzney, (Wstęp. Rozd. X. § 20.) postrzeżono, że w miejscu od powietrza wolném, wszystkie ciała spadające z równą prędkością leca przez linie pionowe, biegiem postępnym, tak dalecć, że pióro i kawałek złota z jednakowę wysokości razem spuszczone, razem téż na dno naczynia upadają. Zaczém nie nie ma w miejscu od powietrza wolném, co by choć spadaniu pióra przeszkadzało, albo ie osłabić mogło, i owa różna prędkość, która się daje nam widzieć niemal we wszystkich ciałach, acz z jednakowę wysokości spadających,

Bieg ciół w miejscu bezpowietrzném, gdy swoją mocą spadają, jest jednostaynie przyspieszonym.

C

cych, od samego tylko powietrza i jego oporu pochodzi. Zaczem w miejscu od powietrza próżnym bieg ołowianej kuli albo iakiegokolwiek ciała innego swą mocą spadającego od ciężkości pochodzący, odmienić się nie może, (Rozd: III. § 7.) i powinién być iednostaynie przyspieszony. (Rozd: III. § 8.)

§ II.

Podług do-
świadczeń
czynio-
nych we
Francyi cia-
ła w miej-
scu bezpo-
wietrzném
spadała
przez 15 $\frac{1}{2}$
stóp (Pa-
ryzkich
w przecia-
gu iedney
sekundy.

Lecz że wysokość miejsc, z których powietrzną wyciągnąć można, za pomocą Machiny zawsze jest mała i czasy różnć, w których przez części tej wysokości ciała spadają, tak są krótkie, że ich dokładnie porównywać z wysokościami nie można. Zaczem doświadczenia około spadania ciał nie mogą być czynione, iedno w powietrzu, a doświadczenie nauczyło, że w spadaniu ciał gatunkowo znacznie ciężkich, z miernęj wysokości, opór powietrza jest bardzo mały, a chyba w spadaniu ciał gatunkowo lekkich znaczny. Prawda, że ani najmniejszy różnicy nie można postrzedz w spadaniu, gdy kula ołowiana bądź w miejscu wolném od powietrza, bądź w powietrzu na dół leci z owęj miernęj wysokości miejsca, z którego powietrze może być wyciągnięte za pomocą pompy powietrznej czyli Powietrzniaka. Przeto gdy Hugeniusz przez doświadczenia czynione we Francyi bar-
dzo

dzo dokładnie, postrzegł, że przywiększa kula ołowiana, w przeciągu iednej sekundy, w powietrzu z miejsca spoczynku spada przez 15 $\frac{1}{2}$ stóp Paryzkich (Hugenii horologium oscillatorium Część IV. Poda. 26) Stąd idzie koniecznie, że każde ciało w tymże samym czasie, tyleż spada na miejscu wolném od powietrza, a przynajmnić różnica w spadaniu iako nie znaczna może być zaniechana.

§ III.

Miedzy Fizykami piérwszy był Galileusz który na początku wieku przeszłego bardzo szczęśliwie uczynił doświadczenie około spadania ciał, ale że kładł ciała na tablicach pochyłych, po których spadały, a wolnie im spadać nie dopuścił, ieszcze na tém miejscu o iego doświadczeniach mówić nie możemy. Po nim Riccioli, około pół wieku przeszłego, z pomocą Mavalda, bawił się w Bononii doświadczeniami około ciał spadających, i z wyższych wież spuszczał kule kreciane 8 uncyy ważące, rachował kołysnięcia (oscillatio) na wisiadle czyli kołysnienu kuli na cienkiej nici zawieszony (Riccioli Almagestum novum Xie: II. Rozd: 27. Poda. 4.) Dostrzegł zaś, że w czasie 5 kołysnién iego owiskadła, kula kreciana spadała przez dziesięć; w czasie 10 kołysnién, przez 40; w czasie 15 kołysnién przez 90; w czasie 20 koły-

Doświad-
czenia Ric-
ciola oko-
ło spadania
ciał.

śnięć, przez 160, a w czasie 25 kołyśnięć przez 250 stóp Rzymskich.

§ IV.

John Ric-
ciola do-
świadcze-
nia.

Damy tedy, że każde z osobna kołyśnięcie równie długo trwało, iawną jest rzecz, iż czasy spadania były ich 1, 2, 3, 4, 5, wysokości zaś od początku spadku rachowane do owych czasów należące, iak kwadraty z czasów: 1, 4, 9, 16, 25 i t. d. Ténże Riccioli wymiérzył pewną wysokość pionową, i na nięć ponaznaczał podziały w odległościach, 15, 60, 135, 240 stóp Rzymskich, od wierzchołka rachując. Znalazł zaś że kule kreciane, z owęć wysokości wolnie spuszczone, spadały przez każde z osobna rzeczzone podziały w czasie 6, 12, 18 i 24 kołyśnięć tegoż wisiadła, tak dalece, że i tu znówu wysokości są w stósunku kwadratów z czasu.

§ V.

Bardzo ma-
łe wahania
wahadeł
równie
trwają.

Riccioli przy swoich doświadczeniach czas mierzył wahaniami wahadeł. Galileusz zaś ciężarem wody z obszernego naczynia przez dziurkę bardzo małą wyciekający. Obydwie miary dobre. Gdy bowiem z naczynia obszernego, pełnego wody, przez dziurkę szczupłą woda ciecze, wysokość wody w przeciągu kilku minut, w żaden sposób znacznie się nie zmniejsza, ale wierzch ięć prawie zgoła nieporuszenie stoi, ani się zniża, gdyż

owa

owa cząstka, która w tak małym czasie wypływa, jest bardzo mała, i nieznaczna względem całej wody. Ze zaś bieg wody z naczynia ciekący od ciśnienia ięć tylko pochodzi, łatwo każdy poznać, to zaś ciśnienie zawisło od sameć wysokości wody w naczyniu (Wstęp. Rozd. VII. § 16.) która to wysokość, gdy w kilku minutach prawie się nie odmiénia, iawną jest rzecz, że każda z osobna kropla wody, gdy wchodzi w dziurkę równą siłą przez cały tén czas do płynienia pędzona bywa, a żadnéć zgoła nie ma przyczyny, dla którejby jedna kropla prędzēć wypływać powinna, niż druga. Zaczém wody tak wypływaiący jest bieg jedno-stayny, a przeto do mierzenia czasu zd-atny. Gdyż zważywszy wodę we dwóch małych iakichkolwiek przeciągach czasu wyciekłą, pewną jest rzecz, że te czasy są w stósunku ciężaru wody. Używszy nawet przy tych doświadczeniach wahadła, postrzeżemy, iż liczba małych wahań wahadła jest zawsze w stósunku z ciężarem wody, przez tén cały czas w którym wahadło kołysało się wyciekły. Wic i czas tak się zawsze ma iak liczba wahań małych, jest wedwój-nasób większy od czasu, w którym toż wahadło daie trzy wahania. Zaczém każde z osobna wahanie bardzo małe te-goż sameć wahadła równie trwa, a za-tém

tém czas należycie przez nie dzielić można na równé części.

§ VI.

Zarzut przeciwko doświad-
czenióm Ricciola.
Gdyby doświadczenia Ricciola czynio-
né były na miejscu wolném od powie-
trza, tedyby wprawdzie dowodziły grun-
townie, że biegi od ciężkości pochodzą-
ce są iednostaynie przyspieszone. (§ 3.)
i że nasze przypuszczenie jest prawdzi-
wé. (Rozd. III. § 7.) Lecz że w po-
wietrzu czynione były, stósunek postrze-
żony między wysokościami spadania, zda-
je się iż znacznie powinién być inny,
niż jest tén, który znajdujemy na miej-
scu wolném od powietrza; chociaż bo-
wiém opór powietrza, gdy ciała zna-
cznie ciężkie spadają jest pospolicie ma-
ły, przecięż całé znaczny postrzegamy
przy spadaniu ciał lekkich z wielkiéy wy-
sokości, iakie są kule kreciane (§ 2.)
Sam Riccioli spuszczał kule ołowianą o
 $2\frac{1}{2}$ uncych, razém z kulą ołowianą o 2 un-
cyach z wysokości 280 stóp Rzymskich, po-
strzegł, że ołowiana już na ziemię upa-
dła gdy kreciana jeszcze o 25 stóp od zie-
mi była. Bo jeżeli na przykład opór po-
wietrza zmniejszał tęż samę wysokość
kuli ołowianej w tymże samym czasie
na 2 stóp Rzymskich a ténże sam opór
powietrza zmniejszał samę wysokość kuli
ołowianej w tymże samym czasie na stóp
27, a zatem różnica oporu tego była 25
stóp Rzymskich; więc gdyby kula oło-
wia-

wianą spadała w wolném od powietrza
miejscu z téjże saméy wysokości i
w tymże samym czasie, a kula kreciana
gdyby spadała z téjże wysokości i w tym-
że samym czasie w miejscu powietrzném,
różnica wysokości ich spadku w tymże
samym czasie z oporu powietrza pocho-
dząca, byłaby 27 Stóp Rzymskich, które-
go w tym czasie kula ołowiana nie mia-
ła. Ponieważ zaś kula ołowiana w miej-
scu wolném od powietrza spadając z ta-
kiéy wysokości i w tymże samym cza-
sie, nieco by głębiej spadła, przeto opo-
rém powietrza zmniejszona była wyso-
kość spadania więcéy niż na 25 stóp
Rzymskich.

§ VII.

Żeby tedy co pewnego, z doświadcze-
nia Ricciola wnieść można było, trzeba
zważać naprzód że bieg ciał wolnie spa-
dających jest bardzo prędki, a zatem trze-
ba używać nader wielkiéy pilności w do-
strzeganiu czasów, jeżeli chcemy należy-
cie porównywać miejsca i czasy w spa-
daniu ciał. Tę zaś pilności, że nie ze
wszystkiém dokładnéy użył Riccioli, po-
kazuje się to, porównyując jego do-
świadczenia iedné z drugiemi. Jeżeli bo-
wiém kula kreciana o 8 uncych w po-
wietrzu spada zupełnie przez 10 stóp
Rzymskich, w czasie 5 kołysnién wisi-
dła, takąż kula spadać powinna przez 15
stóp

Doświad-
czenia Ric-
ciola nie są
zupełnie
dokładné.

stóp Rzymskich, w czasie $6\frac{3}{25}$ tegoż wahadła, jeżeli miejsca są w stosunku dwumnożnym czasów; gdyż jest $10:15=25:37,5$; a $37,5$ jest kwadratem blizkim liczby $6,12$. spadła zaś kula podług Ricciola przez 15 stóp Rzymskich w przeciągu 6 kołysnień. Podobnymże sposobem tak kula przez 240 stóp Rzymskich spadać powinna nie w przeciągu 24 iak Riccioli postrzegł, ale blizko $24\frac{1}{2}$ wahaniach na iego wahadle. Jasną tedy jest rzecz, że stosunek między miejscami i czasami czyniąc doświadczenia w powietrzu jest tylko blizko prawdziwy, gdyż Riccioli samemi liczbami całkowitemi go wyraził, a ułomki liczb całe opuścił.

§ VIII.

Bardzo do-
wodliwa
jest rzecz,
że stosunki
wysokości
spadania
ciał od Ric-
ciola po-
strzeżone
nawet na
miejscu
wolném od
powietrza
prawdzą
sig.

Powtórę łatwo wyrozumiewamy że stosunek między wysokościami w spadaniu oporem powietrza bardzo mało się odmiennia lubo samę odległości znaczny odmiennia podlegają. Dajmy bowiem że jedna kula kraciana przez 10, drugą równą przez 20 stóp wolnie w próżni spada. Dopuszczmy dalej, że owa pierwsza kula, gdy w powietrzu spada, przez tenże sam czas, tylko przez 9 stóp swoją mocą leci, tak dalece, że wysokość w jęj spadaniu oporem powietrza zmniejsza się na jedną stopę. Jawną jest rzecz że prędkość kuli przez 20 stóp spadającej, przy końcu spadania, większa jest od prędkości ku-

li drugi, która przez 10 stóp spadła. Że zaś opór powietrza gdy inné okoliczności są równé z prędkością ciał spadających pomnaża się, (Rozd. X. § 25.) następuje koniecznie, że i druga kula, gdy w powietrzu spada, więcej niż jedną stopę wysokości traci, dla oporu powietrza, pozwólmy tedy, że traci dwie stopy, a będzie stosunek między wysokościami w powietrzu $=9:18$ tenże sam co i w próżni $10:20$. Zaczem tym sposobem stosunek między wysokościami całe się nie odmiennia przez opór powietrza. Ale choć dopuszczmy, że druga kula mniéj lub więcej z wysokości straciła, jednakowoż będzie stosunek między wysokościami spadania w powietrzu $=9:18+x$, a różnica x między tą ostatnią wysokością, i między 18, tak mała, iż ciała do ięj przebieżenia całego kołysnienia nie potrzebują. Zaczem gdy Riccioli części wahań osobnych opuścił, łatwo się pokazuje, iż stosunki przez postrzegania wynalezioné, albo zupełnie téż same bydz powinny z stosunkami, które w próżni miejsce mają, iako téż od nich bardzo mało odstepują.

§ IX.

Taž prawda potwierdza się przez inné doświadczenia w Londynie na wysokim Kościele S. Pawła czynioné, gdzie czasu dostrzeżono z większą dokładno-

Toż samo
i inné do-
świadcze-
nia po-
twierdzaia.

ścią niż to uczynił Riccioli: w roku bowiem 1710 wiele kul szklanych żywem srebrem napełnionych ciężaru prawie dwóch uncji z wysokości 220 stóp Londyńskich spuszczone; Roku także 1719 spuszczone kule ołowiane o 2 prawie funtach z wysokości 272 stóp żywem srebrem napełnione, które spadły, w przeciągu czasu trochę mniejszym, niż 3," 7; ołowiane zaś prawie w 4," $\frac{1}{2}$ (Newtona Filozof. Natu. Począt. Mat. Xię. II. Pod. XL.) kwadrat zaś liczby 3,7 jest 13,69; a 220: 272 = 13,69: 16,92, blisko. Ze zaś pierwiastek kwadratowy liczby 16,92 jest 4,1 blisko, a kule ołowiane spadły z wysokości 272 stóp w 4," 25 prawie, iasna jest rzecz, że w samej istocie prawie zupełnie są w stosunku kwadratów z czasu, i owa różnica mała między 4," 1, i 4," 25, tylko od oporu powietrza pochodzi, przez który kuli ołowiane, iako z daleko większej wysokości spadające, bieg bardziey się zpoźnił, niż kuli żywem srebrem napełnionej.

§ X.

Można ieszcze oczywiście pokazać, że owe małe uchybienie stosunku między wysokościami w powietrzu, od stosunku między kwadratami czasów, z oporu powietrza pochodzi. Dajmy bowiem, że kula w miejscu od powietrza i w Anglii

głii spada na jedną sekundę przez 15 $\frac{1}{2}$ stóp Paryżkich blisko, (§ 2) albo przez 16,07 cale jedno-stop Londyńskich (*) idzie stąd koniecznie, że taż kula w próżni spadać powinna tamże we 3," 7 przez 220 stóp Londyńskich a przez 272 stóp Londyńskich w przeciągu 4," 1, jeżeli miysca w próżni przebieżone są dokładnie w stosunku kwadratów z czasu; gdyż jest 16,07: 220 = 1: 13,69, liczba zaś 13,69 jest kwadratem liczby 3,7. A że jest 16,07: 272 = 1: 16,92, to jest: iak 1 do kwadratu liczby 4,1; zacząć gdy kulę w powietrzu spuszczaemy, żeby swą mocą spadała, przeciąg czasu, w którym 220 stóp Londyńskich przebiega, zawsze jest większy od 3," 7, a czas w którym 272 stóp Londyńskich ulatuje, większy od 4," 1, bo ię bieg zawsze się zmniejsza przez opor powietrza, wprawdzie owo przybywanie powietrza tém większe bydaż powinno, im gatunkowo lżeysza kula i im większa jest wysokość, gdy inne okoliczności są równé. Co też doświadczienia Londyńskie okazują. Gdyż kula żywem srebrem napełniona bardzo mało więcej zabrała czasu w spadaniu, niż 3," 7, kula zaś ołowiana w przeciągu 4," 25 spadła, a zatem powiększenie czasu w jej spadaniu znacznie było, bo ołów gatunkowo lżeyszy jest od żyw-

go

(*) Stopa Paryżka od Londyńskiej jest iak 1,0575: 1.

go srebra, i wysokości spadania kuli z żywym srebrem. Zaczem bardzo dowodliwie następuie, że wysokości spadania w próżni są dokładnie w stosunku kwadratów z czasu, którą to prawda i doświadczeniami Galileusza potwierdza się, • których potem mówić będziemy.

§ XI.

Co jest
prędkość
do iakięj
wysokości
należąca i
jak ją wy-
należć?

Wszystkie tedy prawdy, któreśmy wyżej okazali mówiac ogólnie o biegu iednostajnie przyspieszonym, mają miejsce i w spadaniu wolnym ciał w próżni, że zaś bez wątpienia każde ciało podług doświadczeń we Francyi czynionych na miejscu bezpowietrznem wolnie spada, w przeciagu iednëj sekundy przez $15\frac{1}{2}$ stóp Paryzkich, (§ 2.) przykłady wyżej danë, (Rozd. IV. § 11. 12. 13.) do spadania ciał w próżni bardzo łatwo jest przystosować. *Wysokość* zaś do *ia-kięj prędkości wyznaczonëj* należąca, jest ta, przez którą ciało w próżni spadać powinno, żeby do danëj prędkości przyszło. Jest zaś takowā prędkość $p = 2\sqrt{ms}$ (Rozd. IV. § 13.) gdy m znaczy wysokość miejsca do prędkości p należącą, s zaś liczbę stóp Paryzkich, przez które ciało spada z miejsca spoczynku w próżni w pierwszëj sekundzie. Oznacza się zaś tym wyrazem prędkość p przez liczbę stóp Paryzkich, przez które ciało danā prędkością przebieđz może iednostajnie

nie w przeciagu iednëj sekundy. Także przeciwnie, gdy danā jest wysokość m nazywā się p *prędkością do wysokości m należącą*.

§ XII.

Gdy iakië ciało w powietrzu wolnie spada, czas spadania z danëj wysokości albo wysokość z danëgo czasu dokładnie określona byđz nie może, chyba przez rachunek bardzo trudny, czego na tëm miejscu przyczyny wyłozyc nie możemy. Lecz niekiedy dosyć jest choć nie dokładnie poznać wysokość z danëgo czasu spadania. Spuszczamy na przykład kamieñ w głębokā studniā albo w loch, i dostrzegamy czasu, w którym kamieñ zaczyna się spuszczać, i w którym nadno upada. Z tego przeciagu czasu iak nāydokładniëj dostrzeżonëgo, można doysć blisko prawdziwie, iaka jest głębokość studni albo lochu w tën sposób. Doświadczenia Londyñskie nauczajā, że przywiększa kula ołowiana spada w powietrzu, w przeciagu $4\frac{1}{4}$ " przez 272 stóp Londyñskich, albo przez 255 Paryzkich. (§ 9.) Doświadczenia zaś Ricciola pokazujā, że wysokości spadania, które nie są większe od 200 stóp Paryzkich blisko, prawie zupełnie są w stosunku kwadratu z czasu. Zaczem przywiększa kula ołowiana w powietrzu spada, w czasie 4," przez 226 stóp Paryzkich. Lecz podług Ricciola prawie w jednakowëm spadaniu,

Samowol-
në spada-
nie ciał
dokładnie
określone
byđz nie
może, dla
oporu po-
wietrza, ie-
dno przez
rachunek
bardzo tru-
dny.

wy-

wysokość kuli kręcianey, oporem powietrza niemal 25 stopami Rzymskiemi tarczicy zmniejszoną została, niż wysokość spadania kuli ołowianej (§ 6.) Jest bowiem stopa Rzymska do Paryzkiej prawie, jak 11: 16, a zatem wysokość 280 stop Rzymskich równa się 192 blisko stopom Paryzkim. Zaczem kamień pospolity przywieszszy okragły, z kretą prawie indnakową ciężkość mający, spada w przeciągu 4," z wysokości niemal 20 stopami mniejszey, jak iest, którą, w tymże samym czasie większa kula ołowiana przebiega w powietrzu. Węc takowa kula spada w powietrzu z miejsca spoczynku, w przeciągu 4," przez 200 stop Paryzkich blisko, w przeciągu 3," przez 116 stop Paryzkich prawie i t. d. Stąd tedy łatwo mierzymy bez nie wielkiego uchybienia głębokości, które nie wiele przechodzą, albo mało co nie dochodzą, 200 stop Paryzkich. Niech albowiem kamień spada n. p. przez $3\frac{1}{2}$," będzie kwadrat liczby 4, do kwadratu liczby $3\frac{1}{2}$ czyli 16: 12,25 = 200 do głębokości szukaney. Ta więc głębokość iest = $\frac{12,25 \cdot 200}{16} = 156,25$ stopom Paryzkim, ale gdy iest ona większa, opór powietrza tak się pomnaża, że téy głębokości podług danego sposobu, bez znacznego uchybienia znaleźć nie można. W mniejszych nawet głębokościach, należy mieć wzgląd na to, iż

trze-

trzeba iakiegoś czasu, nim odgłos od uderzenia ciała nadnie n. p. studni pochodzący przyydzie do uszu naszych i da nam się uczuć, a zatem w krótszym zawsze czasie kamień na dół upadnie, niż odgłos tego spadnięcia dóydzie do ucha.

ROZDZIAŁ VI.

o ciałach ciężkich rzuconych.

§. I.

Gdy kamień, albo iakie inné ciało na miejscu od powietrza wolném na dół prostopadle rzucamy z pewną prędkością n. p. CG; kamień tén podług tegoż samego kierowania spadać nie przestae. Jeżeli tedy AC. wyraża czas w którym wysokość do prędkości CG. należąca (Roz. V. §. II.) wolném spadaniem z miejsca spoczynku wymierza się, kamień cale iednostaynym sposobem spadać będzie iak gdyby z owéy wysokości z miejsca spoczynku spuszczoney przez czas AC spadał, albo był rzucony prosto na dół z prędkością CG. gdyż tu nie idzie o to, iakim sposobem téy prędkości nabył, czyli to przez samowolné spadanie, czyli przez rzucenie. Poprowadziwszy tedy AK. przez punkt A prędkość kamienia w którymkolwiek punkcie czasu D, będzie = DQ, a wysokość od czasu rzucenia aż do D, a zatem w czasie CD. przebieżone będzie. CGDQ, słowem kamień pionowo do ziemi rzu-

Bieg ciała
na dół rzu-
conych.

Fig. 4.

ny

ny cale z tē przyspieszēniē lēci, z którēmbym lēciał sam wolniē spadaiac, alē po nabytēy prędkości równy tēy, którą teraz rzuconym go na dół bydź mniēmany.

§. II.

Że kamień w górę wyrzucony doszedłszy do pewnēy wysokości, znowu na dół spada, o tē wszyscy wiēdzą. Gdyż stale mają w sobie ciężkość choć w górę idzie, która go ustawicznie na dół pędzi, a nie ma się na czēm utrzymać. Znaydzie się tēdy w nim rzeczywiście dwoisty bieg, iedn w górę dążący, który zawisł od rzucēnia, drugi na dół rzucony, który od ciężkości pochodzi, które to biegi że są na iednēy linii pionowēy i sobie w prost przeciwnē, trzeba iedn od drugiego odiać, żebyśmy znaleźli bieg składany kamienia (Roz: I. §. III.)

§. III.

Żebyśmy tēdy własność biegu składanego należycie poięli, dāmy że kamień w próżni do góry pionowo był wyrzucony. Niech bēdzie EK. prędkość rzucēnia, a EA prostopadła do EK, znacząca czas, w którym ciało z miejsca spoczynku samowolnie w próżni spadaiać, w punkcie E, prędkości EK nabywā. Niech bēdzie ED = AB. toż CM = BN = DS = EK = AX, a linia KX. równoległa do AE. Poprowadźmy liniā AK. przecinaiać BN, DS. w punktach F i Q, a iawnā iest rzecz że kamień dla opor-

Iak oznaczyc miēscā którē kamień w gōrę wyrzucony przebiegā.

Fig. 4.

oporności swoiēy zachowā całą prędkość EK. w czasie DE. (Roz: III. §. II.) a zatē przebieży w górę w tymże samym czasie miēscē EKSD (Roz: IV. §. I.) Ze zaś ciało które samowolnie spadać zaczyna w czasie AB. przebiegā w próżni miēscē ABF, i ED iest = AB, a KQS = ABF, idzie zatē, iż kamień wyrzucony wymiērzā razē drugim biegiem na dół pochodzącym od ciężkości miēscē KQS. w czasie ED. Odiawszy tēdy iedno miēscē od drugiego, kamień w samēy rzeczy biegiem złożonym idzie w górę, w czasie ED przez wysokość oznaczoną przez EKQD. a znowu w czasie EC. przez wysokość oznaczoną przez EKGC. a w czasie AE. przez miēscē EKA (Roz: I. §. III.) Co się tycze prędkości kamienia po skończonym czasie ED, iednego biegu takā iest prędkość, iż iednostaynie z nią bieżąc, możnaby przebyć miēscē EKSD, w czasie ED; drugiego zaś biegu prędkościā QS. można iednostaynie przebiędz miēscē QeKS. w tymże czasie (Roz. IV. §. VIII.) Wiēc biegu składanego prędkość po wypłyniēniu czasu ED takā iest, iż z tąż prędkościā EDQe = EKSD = QeSK w czasie ED. Ze zaś w biegach iednostaynych prędkości są iak miēscā w różnych czasach przebieżonē, bēdzie zatē prędkość biegu złożonego po wypłyniēniu czasu ED, do prędkości rzucēnia, iak prostokāt EQ do prostokāta ES. albo iak DQ do EK.

D

§. IV.

§. IV.

Są tedy prędkości kamienia w próżni idącego w górę między sobą, na punktach czasu E, D, C, B. iak EK, DQ, CG, BF, to jest w różnych przeciągach czasu, równie ich ubywa, gdyż jest $EK = DQ = eK = dQ = DQ - CG = CG - BF$ i t. d. Taki zaś bieg nazywa się *iednostaynie opóźnionym* a czas w którym cała wysokość oznaczona przez AEK, w górę postępując przebieżona bywa, jest AE, a zatem zupełnie równy czasom samowolnego spadania z miejsca spoczynku przez AEK. Ciało tedy wyrzucone przebiegłszy wysokość do prędkości swęgo wyrzucenia należącą, natychmiast przez tęż wysokość nazad spada, i to w równym czasie iak w górę szło i do miejsca znowu powraca z którego w górę rzucone było. Miara więc prędkości w biegu iednostaynie opóźnionym, taż sama jest co i w biegu iednostaynie przyspieszonym, lecz tylko w sposobie przeciwnym a tą jest podziałka prędkości.

§. V.

Powietrze daleko bardziej, osłabia bieg ciała w górę idącego, niż spadającego na dół. Póki bowiem iakięgo ciała nie wielka jest prędkość, póty prawie żadney odmianie dla powietrza nie podlega, lecz gdy prędkości są wielkie, powietrze swym oporem znacznie ich osłabia (Wstęp Roz. I. §. 25.) Ciała zaś spadającego prędkość przy

Powietrze
ciała w gó-
rę idącemu
bardziej
się opiera,
niż spada-
jącemu.

przy samym końcu jest wielka, a zatem przy końcu tylko znacznie się odmięnia, a nie z początku. Ciężnionęgo zaś w górę ciała daleko jest inny stan, gdyż bieg swóy zaczyna z wielką prędkością, a zatem znacznie też wiele traci z swęgo biegu zaraz na początku przez opór większy powietrza, i tę stratę utrzymuje w dalszym biegu przez oporność swoię. Przeto ciało wolnie samo przez się z pewney wysokości w powietrzu spadać, tąż samą prędkością, której spadając nabyło, do téżże samęj wysokości, z której spadło, znowu podnieść się nie może.

§. VI.

Gdy iakię ciało prosto w górę wyrzucamy, na miejscu bezpowietrzném, a to w przeciągu na przykład 8" znowu spada na toż miejsce, z którego wyrzucone było, pewna jest rzecz, że przez 4" szło w górę a przez 4" na dół spadało (§. 4.) a zatem doszło do wysokości 241 $\frac{1}{2}$ stóp Paryzkich (Rozd. IV. §. 11.) Ale gdy się to dzieje w powietrzu, nie możemy tak doskonale określić wysokości do której wyrzucane bywaia kamienie n. p. z gór ognistych, z dostrzeżonego czasu, przez który idą w górę i na dół spadają. Bo takowe biegi w powietrzu znacznie odstepują od tego prawa, któremu w próżni podlegaia, naybardziej zaś gdy prędkość jest wielka, z którą ciała idą w górę. Sam też

Mając da-
ny czas
podniesie-
nia i spa-
dania cia-
ła, nie mo-
żna dokła-
dnie stąd
wynaieźć
wysokości
do której
to ciało
doszło.

kształt ciał w téj mierze wiele odmiany sprawuje.

§. VII.

Rzutnia Jeżeli ciało podług innego iakięgo kierunku wyrzucamy w próżni, a nie linią pionową, doświadczenie naucza, że to z wolna coraz bardziey ku ziemi się pochyla a wreszcie na ziemię upada. W takim razie przebiega większą linią, którą **rzutnią** ciała nazywamy. Rzuciwszy albowiem ciało A, w próżni ku E, możemy myślać sobie wystawić, iż linią pionową AB, ma bieg postępnny tak, że każdy z osobna ię punkt bieży nie przestannie ku EH bynajmniey nie odmięniając prędkości rzucenia, i że punkt iaki fizyczny z miejsca spoczynku spada przez linią AB, i razem z tą linią postępuje ku E. Że bowiem każdy z osobna punkt linii AB bieg postępnny mającący całe równie bieży (Rozd. II. §. I.) punkt fizyczny spadający na którymkolwiek miejscu linii AB stałą prędkością rzucenia porywany bywa ku EH, zaczęm w ten sposób biędz będzie iak gdyby téj prędkości przez rzucenie nabył.

§. VIII.

Ciało ciężkie w próżni rzucené Równorzutnią kręśli. Dajmy, że prędkość rzucenia jest taką, iż w pewnym czasie c może ciało jednostajnie tąż prędkością przebiędz drogę AC, dajmy jeszcze że linią $CD = DE = AC$, a iawna jest rzecz, iż linią AB, po wypłynionym czasie c, będzie na CF, po wypłynio-

Fig. 5.

plynionym $2c$, na DG, po wypłynionym $3c$ na EH, i t. d, i że linie AB, CF, DG, EH, są od siebie równoodległe (Roz: II. §. I.) Gdy tedy punkt fizyczny prędkością swoją w czasie c z miejsca spoczynku w próżni spada z A na P; w czasie $2c$ z A na Q; w czasie $3c$ z A na R; poprowadziwszy PI, QK, RL od linii AE równoodległe do linii CF, DG, EH, będzie $AP = CI$, $AQ = DK$, $AR = EL$, a punkt biegiem swoim złożonym przychodzi po wypłynionym czasie c na I; po $2c$ na K, a p $3c$, na L. Są zaś wysokości AP, AQ, AR, zawsze iak kwadraty czasów w których przebieżone bywają biegiem przyspieszonym (Roz. V. §. X.) a czasy w stosunku linii AC, AD, AE, wyrażających miejsca biegiem jednostajnym przebyć (Wstęp Roz. XVI. §. V.) Zaczem AP: AC. AC, albo do PI. PI jest w jednym stosunku czasu, który się równa stosunkowi AQ do QKQK, i t. d. Przeto punkt fizyczny przebiega **równorzutnią** AIKL. Tak się albowiem nazywa linią krzywą w której każda z osobna część linii AB, zaczynając od A, iako to AP, AQ, AR, które się odcinkami (abscissa) nazywają, są w stosunku kwadratów linii równoodległych PI, QK, RL, odpowiadających odcinkom, które to linie odpowiadające zowiemy **przystawami** (applicata albo ordinata) Odcinki zaś i przystawy jednem nazwiskiem zowią się **współuszykowanemi** (coordinatæ).

§. IX.

Im z większą prędkością punkt ciężki rzucamy od A ku E, tém równorzutnią, która ienże punkt przebiega mniej odstepuie od linii prostey AE. Daymy bowiem, że n. p. prędkość rzucenia jest we dwoie większa od tęy którąśmy pierwey wzięli, iasna jest rzecz, iż linia AB, w czasie c, w którym punkt spadł na P, teraz przechodzi przez AD. Zaczem punkt ciężki po wypłynionym czasie c, będzie na M. Przypuściwszy, że $DM = AP$ i rzutnia przez ow punkt M przechodząca daleko maiey odstapi od linii prostey AE, niż AKL. Stąd wyrozumiewamy dla czego kula z pistoletu wystrzelona, zdaie się iśćd linią prostą, gdy mierna jest odległość. Wszelako linia, która jest drogą kuli, nie jest zupełnie prosta, ale ku ziemi nieco skrzywiona.

§. X.

Droga ciał gęstych i bardzo ciężkich, gdy ie mierną siłą rzucamy w powietrzu nawet nie wiele od równorzutni odstepuie. To się prawdziu oczywiscie na wodzie białećy w górę w fontannach, która należy cie dokładną równorzutnią oznacza, bądź że wytryska z rury poziomey, bądź z położonęy ukośnie w górę białe. Ale gdy prędkość rzucenia jest bardzo wielka, bieg AE, oporém powietrza, bardzo się osłabia i miejsca AC, CD, DE, w równych czasach przebieżonę, nie są równe, ale coraz bar-

bardzię się zmniejszaia. Stąd każdy wyrozumiewa, że w tym razie rzutnia, nie może być równorzutnią, ale innę krzywości ma w sobie. Wczem też nas przekonywaia doświadczenia przez strzelanie z dział. Postrzeżono albowiem, że rzutnia kul przywiększych dość znacznie się różni od równorzutni.

§. XI.

Kierowność punktu, który równorzutnią przebiega na którymkolwiek ięy miejscu K albo L, jest taż sama którąby miała styczna w owém miejscu. Można by tego dowieść z własności równorzutni, lecz łatwiey i ogólnię się to pokazuje w następuiaćy sposób. Niech będzie blacha DBE nieruchoma, iakożkolwiek krzywa, obwinęta nicią, której koniec E tak ustawicznie ciągniemy, aby się nie powoli odwiała. Wystawmy sobie w myśli że ta nie n. p. od punktu B ciągniona jest ku C, a będzie iedna część tęy nici obwinęta około DB części blachy DBE, a reszta ięy BC, będzie styczną blachy DBE w punkcie B.

Kierowność punktu biegłiem swoim linią krzywą kręślącę jest styczna do tęy linii krzywey w owém miejscu w którym punkt na tén czas znajduje się.

Fig. 6.



X I Ę G A II.

o Sile ciężkości.

R O Z D Z I A Ł I.

o biegu ciał ciężkich na płaszczyznach pochyłych.

§. I.

Ciało ciężkie na płaszczyźnie poziomej tegiey i nie ruchomej położone ciśnie wprawdzie ciężkością własną płaszczyznę, ale dla téżże ciężkości tam biegu mieć nie może. Że bowiem kierunek ciężkości jest podług linii pionowej do płaszczyzny, z tąż płaszczyzną na wszystkie strony równie czyni kąty, tak dalece, że żadney nie ma przyczyny, dla którejby ciało szło ku téy raczey stronie płaszczyzny, niż ku innéy. Sama płaszczyzna wprawdzie razem z ciałem powinna prosto na dół spadać, lecz gdy jest nieruchomą, odporém swoim gubi całe działanie ciężkości. Naucaia nas téy prawdy niezliczone doświadczenia bardzo potoczne. Widzimy bowiem, że wszystkie ciała ciężkie nyruchliwszć nawet, spoczywają na miejscu, gdy są położone na powierzchniach poziomych, a to iak powiedzieliśmy, nie dla innéy przyczyny, tylko że kierowność ciężkości jest prostopadła do tychże powierzchni.

§. II.

§. II.

Lecz na tablicach pochyłych czyli do płaszczyzny poziomej pod pewnym kątem nachylonych ciała na dół spadają ciężkością własną, które to spądanie abyśmy należycie zrozumieli, niech AK będzie iaki pręciak prosty, tegi i nieruchomy, do linii poziomej AB pod kątem KAB nachylony, D zaś punktem iakięgo ciała ciężkiego, który położono na linii AK; łatwo zrozumieć, że ciężkość tego punktu D, pędzi go na dół ku linii DE, tak dalece, iż gdyby nie było zawady, spadałby w saméy rzeczy przez pionową DE, w czasie pewnym c. Tén zaś bieg DE, iako prostokreślny albo prostodrożny (rectilineus) może bydź rozdzielony na dwa inne biegi, DF, DG, to jest na ieden prostopadły do linii AK, a na drugi od téżże równoodległy. (Xię. I. Rozd. I. §. VIII.) Bo ciężkość tym sposobem wywierá się na punkt D, iak gdyby ciało pędziła w czasie c, razem przez linią DF i przez linią DG. Lecz że punkt D jest na linii AK nieruchomej i tegiey, drugi bieg DF, dla odporu téy linii ze wszystkiém ginie. Że bowiem tego biegu kierunek jest pionowy do linii AK, idzie stąd koniecznie, iż gdyby sam ieden tén bieg był w punkcie D, tenże punkt nie przebiegałby linii AK, aleby został na miejscu. Zaczém w punkcie D, sam bieg drugi DG, pozostaje się, którym bez

Czemu ciało na tablicy pochyłej na dół ciężkością swoją spada?

Fig. 7.

Tab. II.

za-

żadeny przeszkody spada ku A, gdyż tu uważamy, iakoby żadnego tarcia, ani oporu od powietrza zgoła nie było.

§. III.

Bieg punktu ciężkości własnej po płaszczyźnie pochyłej spadającego, jest w stosunku wstawy kąta pochyłości

Fig. 7.

Ponieważ linie DG, czyli EF i AK tak iak i linie DE, KB są względem siebie równoodległe, a przy Gi B są kąty proste, zaczęm trójkąty DGE, ABK będą podobne. Jest tedy bieg spadania po płaszczyźnie, do biegu samowolnego spadania czyli DG: $DE = KB$: $KA = \text{wst } A$: 1. A że DG jest tym większe od DE, im wstawa kąta A jest większa od 1, czyli promienia, więc bieg na płaszczyźnie pochyłej, tym większy będzie, im kąt téj pochyłości jest większy. Ta prawda bardzo wiele doświadczeniami dostatecznie się potwierdza; niektóre z nich w Wstępie do Fizyki (w Roz. V. §. 5.) dokładnie wyłożyliśmy.

§. IV.

Czas w którym ciało ciężkie przebiega płaszczyznę pochyłą, jest do czasu w którymby wolnie spa-

Ponieważ obadwa biegi pojedyncze DG, DF, podobne są biegowi składanemu DE, (Xieg. I. Rozd. I. §. 3.) więc wniesć stąd należy że punkt spadający po równi pochyłej AK. spada biegiem jednostajnie przyspieszonym. Dajmy tedy, że on w tymże samym czasie c spada przez DG, w którymby wolnie spadał przez DE, i przypuścmy, że tenże sam punkt w czasie D spada przez KA, a że w biegach jednostajnie przyspieszonych, miejsca prze-

przebieżone są w stosunku kwadratów z czasów na té biegi położonych, będzie zatem $DE:KB::c^2:C^2$, i znowu $AK:GD=D^2:c^2$ czyli $DE:AK:KB:DG=c^2:D^2:C^2$. A że było w §. poprzedzającym

dało przez wysokość téż płaszczyzny iak długość płaszczyzny do iey wysokości.

$KA = KB$
 $DE:DG = KA:KB$; to jest $DE:DG$

mnożąc więc przez te ostatnie ilości następnika i poprzednika powyższey proporcji $DE:AK:KB:DG=D^2:C^2$ będzie $AK^2:KB^2=D^2:C^2$ czyli $KA:KB=D:C$, to jest czasy które punkt łoży na przebieżeniu równi pochyłej i wysokości téż równe są w stosunku iey długości do wysokości.

§. V.

Prędkość p, punktu na płaszczyźnie pochyłej ciężkością swoją z punktu K na A spadającego w czasie T po wypłynięniu rzeczonożego czasu, jest taka, iż w tymże czasie T, biegiem jednostajnym punkt przesyłby mógł z KA. (Xieg. I. Rozd. IV. §. 10.) a prędkość P punktu danego wolnie z K na B spadającego w czasie C. po wyszłym tym czasie, jest taka, że w tymże czasie C, biegiem jednostajnym mógłby punkt przebiec z KB. Lecz w biegach jednostajnych prędkości są w stosunku prostym miejsc, a w odwrotnym czasów (Wstęp. Rozd. XVI. §. 6.

Prędkość w spadaniu przez płaszczyznę iakożkolwiek pochyłą od wysokości spadania zawisa.

$2KA:2KB$
Zaczm jest $p:P = \frac{T}{C}$ Że zaś jest

T: C = KA: KB = 2KA: 2KB. (§ IV.) idzie stąd, iż jest $p = P$. Zaczem punkt ciężkości swoją przez iakąkolwiek płaszczyznę pochyłą KA spadający, przy samym końcu spadania A, też samę ma prędkość, któryby nabył, gdyby samowolnie spadł z wysokości KB, która to wysokość jest wysokością płaszczyzny pochyłej AK.

§. VI.

W kole, którego szrodek jest C, poprowadziwszy średnicę AB, styczną BD, i cięciwę AG, która by przeciągnięta zbiegła się z styczną na D, trójkąty ADB, i AGB, dla kątów AGB, i ABD prostych będą podobne. Przeto AD: AB = AB: AG, skąd $AB^2 = AD \cdot AG$, i $AB^2 = AD \cdot AG$: AD. AD = AG: AD. Zaczem tak ustawivszy koło, żeby AB była pionową, stycznią BD poziomą, przypuściwszy, że iaki punkt ciężki przez cięciwę nieruchomą AG, z miejsca spoczynku spada ciężkością własną, łatwo się okazuje, że to spadanie w tymże samym czasie odprawuje się, w którym punkt ciężki samowolnie spadłby z A na B. Jeżeli bowiem punkt z A przez G spada na dół aż na D, ponieważ bieg jego jest iednostaynie przyspieszony, co się niżej ściśle okaże, będą kwadraty z czasów, w których AD i AG przebywają się, iak AD: AG, (XIę. I. Rozd. IV. §. VII.) albo iak AD^2 : AG^2 . Zaczem same czasy są iak AD: AB. A że w tymże samym czasie

Punkt ciężki spada przez iakąkolwiek cięciwę koła w tym samym czasie, w którym by spadł przez średnicę pionową tegoż koła.

Fig. 8.

czasie i stósunku jest też czas spadania przez AD, do czasu samowolnego spadku przez AB. (§. IV.) Zaczem czas w którym cięciwa AG przebieżona bywa, jest równy czasowi samowolnego spadku przez średnicę AB.

§. VII.

Z tego co się dopiero okazało, wypada, że punkt ciężki, który przez iakąkolwiek koła pionowo stojącego cięciwę n. p. GB kończącą się w samym dole koła na punkcie B, ciężkością swoją spada, potrzebuie do tego spadania takowegoż zupełnie czasu, w jakim przez średnicę pionową AB wolnie spada. Poprowadzmy bowiem z A cięciwę AE, od cięciwy GB równoodległą, a te cięciwy będą równe. A że AE przebieżona bywa w tymże czasie, który jest potrzebny do samowolnego spadku przez AB. (§. VI.) Więc i GB. Zaczem do przebieżenia najkrótszcy cięciwy na B kończący się, tyleż czasu potrzeba, ile do przebieżenia najdłuższcy; bo cięciwy tém się spadziśsze stają, im są dłuższe, punkt zaś ciężki z większcy spadziśstości prędzcy leci niż z mniejszcy.

§. VIII.

Jeżeli iaki punkt ciężki przez płaszczyznę pochyłą CA spada z miejsca spoczynku ciężkością własną, a linie proste HD, CO, BA są poziome, linie zaś DI, AO pionowe, tedy prędkość którą na iakiem

Wszystkie cięciwy iakiegokolwiek koła pionowo ustawionego, schodzące się w spodku tego, przebiegane bywają ciężkością w jednym z czasie.

Jakim sposobem prędkości punktu ciężkości własną p.

miejsu n. p. D, punkt mieć będzie, zaś wiśnie od wysokości w spadaniu przez CD to jest od CH, (§. 5.) albo ID. Jeżeli zaś punkt na C, już miał iaką początkową prędkość p, ku A, trzeba wynaleźć wysokość CL do której prędkość p należy, (Xię. I. Rozd. V. §. 11.) i poprowadzwszy przez L linią poziomą LM, będzie pionową MD wysokością, do której należy prędkość punktu spadającego na D. Przeciagnawszy bowiem linią ML, żeby płaszczyznę AC przecinała na N, bieg punktu przez CA, prędkością początkową p, całe ténże sam jest, któryby był, gdyby ténże punkt, z miejsca spoczynku na N, spadł po płaszczyźnie NA. W tén czas zaś, iak dopiero widzieliśmy, prędkość jego na D do wysokości DM należałaby. Zaczém też prędkość i teraz należy do tég wysokości, gdy punkt z C, prędkością p spadać zaczyna.

Fig. 9.

§. IX.

Punkt który na C spoczywa, i stąd ciężkością swoją spada aż do A, w czasie c aż na miejscu A ma prędkość p, należącą do wysokości OA, którą przebiegdz mógł iednostaynie w tymże czasie mieysc 2AC. (Xię. I. Rozd. VI. §. 10.) Jeżeli tedy iaki punkt ciężki z miejsca A idzie ku O prędkością p, tén punkt idzie wprawdzie w górę po płaszczyźnie AC, ale że jest ciężkim, pędzony jest razém na dół ku A

od

od ciężkości własnéj póki po tég płaszczyźnie bieży. Zaczém takowy punkt ma dwoisty bieg, iedén iednostayny prędkością p ku C z mieysca A, (Xię. I. Rozd. III. §. 2.) drugi iednostaynie przyspieszony ku A pochodzący od ciężkości. Tamtym samym przechodziłby mieysc 2AC, w czasie c, tym zaś przeszedłby mieysc AC, w tymże czasie. Zaczém odiawszy mieysc iedno od drugiego, wypada, że punkt w samég rzecz przebiega mieysc AC, w czasie c i przeto wznosi się aż do C. (Xię. I. Rozd. I. §. 3.) A że w tym przeciagu czasu c, punkt w biegu iednostaynie przyspieszonym nabywa prędkości p, zaczém punkt na końcu czasu c, ma iedén bieg z prędkością p na dół, drugi zaś piérwшему równy w przeciwną stronę, to jest w górę. Zaczém w ówéj chwili, o której czas c kończy się, bieg składany zupełnie ustaie, to jest, punkt w górę iedz przestaie, że zaś ciężkość ustawicznie na ow punkt działanié swoje wywierá, więc punkt wraca się, i w tymże czasie c znowu spada aż na A, w którym do wysokości do której prędkość jego początkową należała, był wyniesiony.

§. X.

Jeżeli punkt ciężki, prędkością początkową do wysokości AO należącą od A ustępuje na C, tedy na którémkolwiek miejscu n. p. na D ma prędkość k, którą należy do wy-

prędkość początkową, to jest taką, którąby tén punkt nabył na końcu, gdyby spadał z tég wysokości.

Fig. 9.

Wstępnie pniecie ciężkiego na płaszczyźnie

pochyły
zawsze
jednostay-
nie się
opóźnia,

sokości ID, i ténże punkt ustępuje przez DC, w takowym czasie d, w jakim potem z C spadając powraca na D. Gdyby bowiem prędkość jego większa była na D. n. p. należąca do wysokości DM, punkt wstąpiłby aż na N, w tym czasie w którym z N spadłby na D. A że wstępuje tylko do C, a nie wyżej, zaczęła prędkość jego nie jest większa od prędkości K. Tymże samym sposobem okazuje się, że nie może też być mniejsza. A ogólnie mówiąc łatwo wyrozumieć można, że bieg punktu wstępującego, jest jednostaynie przyspieszonym; ponieważ bowiem składa się ze dwóch biegów przeciwnych, więc ile wstępując, z biegu początkowego pomalu ubywa, tyleż w drugim biegu od ciężkości pochodzącym przybywa. Tén zaś drugi jest jednostaynie przyspieszonym, to jest: w równych przeciągach czasu ustawicznie się pomnaża równemi częściami; zaczęła punkt wstępujący w równych czasach przeciągach, równie biegu swego części ustawicznie traci, a zatem jednostaynie się opóźnia (Xię. I. Rozd. VI. §. IV.)

§. XI.

Siła jedno-
stayna.

Ze wszystkiego, co o spadaniu ciał ciężkich powiedzieliśmy, jasno poznać, że tu już większą już mniejszą siłą na dół pędzone bywają, podług różnicy płaszczyzn pochyłości. Gdyż ciało, całą siłą ciężkości spada, gdy nie ma przeszkody, lecz ta ciężkość część tylko siły swojej wy-

wywierą na te ciała, które po płaszczyznach pochyłych spadają, bo druga część siły ganie dla oporu płaszczyzny niewzruszenie stojący. Każdy zaś widzi, że jeżeli dwie przyczyny tak działają, iż bez przestanku w równym czasie równe biegi sprawują, że mówię wtedy równemi siłami działają. Zaczęła, gdy bieg ciał prosto z góry na dół jako i przez płaszczyzny pochyłe spadających jest jednostaynie przyspieszony, tak dalece, że ciężkość w tych ciałach ustawicznie sprawuje równe biegi, w równych czasach przeciągach, idzie zatem że taż ciężkość na rzeczony ciała jednakową siłą wywierą. Że zaś biegi sprawione, a stąd i siła od której pochodzą, iednakiż zawsze mają kierunek, następuje stąd, iż ciężkość pędzi siłą jednostayną, tak ciała samowolnie spadające, jako też i te, które spadają po płaszczyznach pochyłych. Gdyż wszelka siła, której się ani wielkość, ani kierunek nie odmienia, nazywa się jednostayną. A stąd się okazuje, że każda siła, która przez niejakie czas, bez żadnej odmiany stale jest równa i sobie podobna, przez tenże czas jednostayną była.

§. XII.

Jeżeli dwa biegi jednostaynie przyspieszone i równe B i b pochodzą w tymże czasie c od sił jednostaynych S, i s, tedy te siły w stosun-

E

siły

S i s
jedno-
stajne są
w stosun-

Na prostym
biegów
sprawio-
nych,
a w odwró-
tym cza-
sów, w któ-
rych te
biegi są
sprawione.

siły S, i, s , są równé. Dámy bowiem że bieg trzeci m , wyrównywiający summie $B + b$, w tymże czasie c , od siły iednostaynéy Z pochodzi, będzie więc $Z = S + s = 2s$, iako też $m = B + b = 2b$, to iest, bieg siły dwa razy więkšzy, dwa razy iest więkšzy. Podobnymże sposobém bieg troisty w tymże czasie C pochodzi od siły iednostaynéy w tróynasób więkšzy; we czworo więkšzy od czworakiéy i t. d; słowém siły iednostayné ogólne są w stósunku biegów, które od tych sił w tymże czasie pochodzą. Zaczém jeżeli biegi B i D iakolwiek nierówné, w jednakowym czasie C od sił iednostaynych S i s pochodzą, będzie $S : s = D : B$. Lecz przypuściwszy, że taż sama siła s , sprawuie bieg d , w czasie c , ponieważ ten iest iednostaynie przyspieszony będzie $d : B = c : C$ (Xię. I. Rozd. III. §. 9. 10.) Zatem $B = d C$, więc $S : s =$

$$D : d = \frac{d C}{c} = \frac{D}{C} \cdot \frac{c}{c}, \text{ to iest: siły iednostayne}$$

ogólne są w stósunku prostym biegów przez nie wzruszonych, a w stósunku odwrótnym czasów, w których wzmiankowane biegi od owych sił pochodzą.

§ XIII.

Różnica
między si-
łą (vis)

Siła zatem w tymże samym stósunku powiększa się lub zmniejsza co i prędkość. Jako bowiem w biegu iednostaynym,

nym, w którym iednakowá iest zawsze prędkość, taż prędkość bierze się w stósunku prostym miejsca a w odwrótnym czasie, tak i siła iednostayná i nieodmienna, iest w prostym stósunku wznieconégó biegu a w odwrótnym czasie. Iako. zaś nieprędkość przebiega przeciąg miejsca, ale ciała bieg mającé, przebiegaia ténże przeciąg prędkością swoją, tak téż nie dohrzebyśmy mówili, że sama siła, która iest nieiąką własnością tylko przyczyny działania, sprawuie bieg, ale sama przyczyna działająca i przytomná siła swoją bieg czyni; wszelka zaś rzecz, która swoją siłę wywiera na inné, od Mechaników nazywá się władzą, (potentia.)

a władza
(potentia.)

§ XIV.

Jeżeli tedy całą siłę ciężkości, która iakikolwiek punkt w ciałach na dół pędzi, nazwiemy g i oznaczmy ją przez linią DE , będzie $GD = g$. Wst. A siłą, z którą ciężkość pędzi iakikolwiek na dół punkt ciała na płaszczyźnie pochyléy AK położonego. DE iest bieg samowolnego spadania w czasie c , a DG iest bieg iednostaynie przyspieszony w tymże czasie na płaszczyźnie pochyléy (§ 2) Toż gdy siły iednostayné są iak biegi w tymże czasie wszczęté, iawná iest rzecz, że i całą siłą ciężkości, do téy części która sprauie

Skład i
rozkład sił.

Fig. 7.

E 2

wuie

wie spądanie przez AK jest w tymże stosunku DE: DG. Stąd łatwo też poiać, co jest sił skład i rozkład (virium compositio & resolutio.) Bo siły DG i DF czynią siłę złożoną DE: ta zaś rozdzieli się na dwie pojedyncze siły DG i DF; słowem skład sił iednostaynych nie co innego jest, iak łączenie się biegów prostodrożnych i iednostaynie przyspieszonych, które od tychże sił w tymże czasie pochodzą. Gdyby zaś dwóch ludzi ciągnęło iaki ciężar równemi siłami, ale w strony wcale przeciwné, tén ciężar nie mógłby mieć biegu, i w tym przypadku, i we wszelkim innym, w którym dwie siły równé a zupełnie sobie w kierowności przeciwné pędziły go, byłby w równoważności, iako mówiliśmy.

§ XV.

Zostać jeszcze nam coś powiedzieć o sposobie, którym przez doświadczenia dochodzimy biegu ciał spadających po płaszczyznach pochyłych. Gdyż takowe doświadczenia nawet ku poznaniu samowolnego spadania ciał bardzo wiele pomagają; ponieważ bieg DG zawsze jest podobny biegowi DE, tak dalece, że wzięcie nie można, iż i w samowolnym spadaniu jest iednostaynie przyspieszenie, gdy już wiadomo z doświadczenia, że bieg spadania po płaszczyznach pochyłych jest iednostaynie przyspieszony.

Chcąc

Chcąc poznać przez doświadczenia bieg ciał na płaszczyznach pochyłych, trzeba obrać ciało gładkie, i bardzo ruchome, także i pochyłą tablicę gładką, żeby się tarcie zmniejszyło ile byż może. Bo nie tylko znaczne tarcie nie powinno byż, ile nawet i opór od powietrza, jeżeli bieg spadania ciał po tablicach nachylonych dokładnie poznać żądany. Opór zaś powietrza znacznie się zmniejsza, gdy bierzemy kulę kruszczową znacznie ciężką względem powietrza, któraby pomatu spadała. (Wstę. Roz. X. § 22. 23. 24. 25.) Że tedy zmniejszając wysokość płaszczyzny pochyłej, spądanie może się stać bardzo powolne, iasno zrozumiewamy, iż takowe płaszczyzny są bardzo zdadne do poznania iaka jest własność biegu ciał spadających.

§ XVI.

Daleko łatwiej za pomocą płaszczyzn, n. p. tablic nachylonych i z daleko większą dokładnością, niż przez wolne spądanie ciał własność tego biegu postrzeżoną byż może. Ponieważ bardzo dokładnie podzielić można drogę na tablicy, po której kula spada, i naznaczyć chwilę czasu, w których kula do podziałów dochodzi; gdy zaś przeciwnie ciało samowolnie spadając podziały na swęj drodze, która jest linią pionową, poczynione, przemiła w nieiakię odległości,

Bieg spadania naley lepię byż może poznany za pomocą płaszczyzn pochyłych.

Fig. 7.

ści, a postrzegacz nie będąc ich blizkim, ale albo z góry, albo z dołu na nie patrząc, nigdy ani wysokości, ani czasów, w których też wysokości przebiegane bywają, ze wszelką dokładnością dopilnować nie może. Ta trudność w dostrzeganiu, gdy ciała samowolnie pionowo spadają, tém się większa stała, iż ciało samowolnie spadając z wielką prędkością leci, i z daleko większą, niżby spadało przez płaszczyznę miernie pochyłą. Nad to tablica, na której raz są położone podziały, może być nachylona już więcej, już mniej, a zatem doświadczenie niezliczonemi, a oraz różnemi sposobami bardzo łatwo powtarzać można.

§ XVII.

Doświadczenie Galileusza.

Galileusz, iak już wyżej powiedzieliśmy pierwszy ze wszystkich Filozofów, bieg spadania za pomocą płaszczyzn pochyłych zważał i niektóre prawidła, podług których takowy bieg dzieje się, odkrył. W doświadczeniach swych użył nieiakięj Machiny, czyli silni z drzewa, długięj prawie na 12 łokci, a tylko prawie na jeden cal szerokięj, wydrążonęj, tak, że kula w nięj iak w rynnie spadała. Ta rynna gładkim pargaminem była wyłożona, a kula gładką mosiężną w nięj spadała. Pódnośli zaś Galileusz rzeczoną rynnę pod różnemi kątami nad płaszczy-

zna

zną położoną, ale zawsze miernie tylko, i tym sposobem znalazł mało sto razy, że w spadaniu miejsca przebieżone od początku, są w stósunku dokładnym kwadratów z czasu. Zaoczem pewna jest rzecz i nie zawodna, że wszystkie ciała dla ciężkości mają bieg iednostaynie przyspieszony i że w nich ustawicznie przybywa biegu iednakowo w różnych czasu przeciagach.

ROZDZIAŁ II.

o dzwigni (vectis.)

§ I.

Jeżeli dwa ciała razem samowolnie spadają w próżni (vacuum) tedy każda cząstka w obydwóch tych ciałach, w tejże samej czasu chwili zawsze ma iednakową prędkość, (Xię. I. Rozd. V. § 1.) Zaoczem w obydwóch są biegi postępnę, a tém samem w stósunku złożonym z miąższości i prędkości (Xię. I. Rozd. II. § 8.) Lecz że po upłynięniu iakiegokolwiek czasu też sama w nich trwa prędkość, wypada stąd, że w tymże czasie, tak się mają te prędkości biegu ciał, iak ich miąższości; że tedy ciężkość ustawicznie działa siłą iednostayną; będą też siły, które wywierają ciężkość na oba te ciała, iak biegi w tymże

cza-

Co jest ciężar?

czasie w obu ciałach sprawione, (Roz. I. § XII.) a zatem w stosunku miąższości. Cała siła, którą ciężkość wywiera bez przestanku na jakieś ciało, nazywa się ciężarem (pondus,) z czego się pokazuje, iż ciężary ciał jakichkolwiek są w stosunku ich miąższości. Przeto i samo ciało, jeżeli w nim więcej nie ważamy, iak samę siłę, którą dla ciężkości ustawicznie na dół pędzone bywa, ciężarem nazywamy, tak dalece, że w *Mechanice*, czyli w nauce o biegu, słowo ciężar i miąższość często toż samo znaczą.

§ II.

Ponieważ ciężary ciał jakichkolwiek zawsze są w stosunku miąższości, idzie stąd, że gdy z dwóch ciał jednakową objętość mających jedno jest cięższe od drugiego, to też większą ma miąższość, a tem samem i gęstsze jest w sobie, jeżeli oba ciała są jednorodné. (Wstę. Roz. XV. § 17.) Gdyż takich ciał gęstości tak się mieć będą, iak ich ciężkości, czyli iak ciężary gatunkowe; z czego się pokazuje, że złoto, które ze wszystkich ciał nam znaiomych, ma gatunkową ciężkość największą (Wstę. Roz. VII. § 28.) jest też oraz najgęstsze. W ten sposób z ciężaru ciał o ich gęstości należyte sądzić można. Ale trzeba pamiętać na to, że ważąc nie możemy zna-

ląc

leżę prawdziwego ciężaru w żadném cie-
le, gdyż ważemy zawsze w powietrzu,
a każde ciało nieiaką część swego cięża-
ru traci dla oporu powietrza (Wstę. Roz.
IX. § XVIII.) Tak n. p. kupa piérza
w dużym worze nie cisniącego mniej wá-
ży niż w mniejszy worek wysypanego i
zbitego: bo w pierwszym razie więcej
ma oporu od powietrza niż w drugim (*).

§ III.

Dámy że iakieś ciało tęgíe żadný nie
ma ciężkości, tak jest przybite n. p. goź-
dziem do innégó ciała mocnégo i nie po-
ruszenie stojącego, iżby koło goździa C
mogło się obracać; poprowadziwszy przez
C linią AB, którą także za tęgą i nie
mającą ciężkości brać należy, i któraby
około pewnégo punktu nieruchomégo C
obracała się. Taką linią Matematycyna-
zywaia Dzwignia, a jeszcze prosta, ieśli
jest prosta. Toż jeżeli z punktów
A i B dzwigni prostey poziomey AB, któ-
réy części AC i BC są równe, i
przez punkt C oddzielone, które się ra-
mionami zowią, zawiesimy ciężary ró-
wne P i P, każdy łatwo widzi, że ta
dzwignia cale nie poruszona stać, i w ró-
wnoważności być musi. Że bowiem nie
może się obracać tylko około punktu C,
gdy-

Równoważność
dzwigni
prostey
która ma
ramiona
równe.

Fig. 10.

(*) Nim Nauczyciel przystąpi do ścisłego do-
wodzenia równoważności dzwigni w różnych
przypadkach, niechay piérwéy przytoczy U-
cznióm doświadczenie pod § VII. wyrażoné.

gdyby się poruszyła, jedno ramie ićy ciężarem swoim opadałoby, a drugi tyłczyby się zaraz wznosiło. Lecz żadney nie ma przyczyny, dla którejby jedno ramie szło raczej w górę niż drugi i zupełnie iednakowym sposobem; zaczęć też każde z nich własnym ciężarem tył dąży na dół, ile się na wzajem pędzą w górę; z cz ęm oba ramiona są w równoważności. (Roz. I. § 14.)

§ IV.

Równoważność
dzwigni
którey iedno
ramie
jest do drugiego
jak 2 do 1.

Góźdz wbity w punkcie C sam utrzymuje ciężary równe P i P czyli sumę tych ciężarów 2P, na dzwigni w równoważności będąc. Niechby więc tén punkt C ciągniony był w górę siłą iaką zewnętrzną równą ciężarowi całkowitemu 2P; oczywista jest rzecz że w tym razie choćby góźdz był wyjęty z punktu C, wszelako dzwignia pozostałaby w równoważności, bo ią na dół ciągnie ciężar 2P, a w górę ciągnie ią siła = 2P. Odiawszy teraz ciężar P wiszący z punktu B, a w punkt B wbiwszy góźdz, zostanie w tym razie dzwignia w równoważności, bo punkt B, równie teraz w żadną stronę ruszyć się nie może, iak się ruszyć nie mógł, gdy ciężar P zawieszony na B, utrzymywał w równoważności z ciężarem równym P zawieszonym na A. Pociągniemy dalej linią AB, (która nam dzwignią prostą wy-

sta-

stawiać,) aż do F, tak aby BF była = CB, a BF wystawiać nam także będzie dzwignią prostą z równymi ramionami CB, i BF; bo punkt B bierze się tu za niewzruszony; a zatem zawiesiwszy z punktu C ciężar 2P, i z punktu F drugi takowy ciężar 2P, będzie dzwignia CF w równoważności, gdy ciężar P zdeymiemy z punktu A. Powróćmy znowu tén ciężar P na swoje miejsce, a odeymiemy z C ciężar 2P. Ponieważ w dzwigni AB gdy punkt B był brany za niewzruszony, siła 2P (równa ciężarowi 2P:) w przeciwną stronę ciągnąca ciężar P, z punktu A zawieszony utrzymywała tén ciężar P w równoważności, więc i w dzwigni AF gdzie punkt B jest także niewzruszony ciężar P z punktu A zawieszony będzie w równoważności z ciężarem 2P zawieszonym z punktu F, a równym sile owej 2P, którą w punkcie C utrzymywała w równoważności ténże ciężar P zawieszony na A; a zatem góźdz B (§ 5.) utrzymuje ciężar $P + 2P = 3P$; odiawszy więc góźdz z punktu B, trzebaby ażeby tén punkt B ciągnęła w górę siła = 3P, aby dzwignią AF zachowana wszelako była w równoważności. Przeciagniemy AF aż do G, tak aby była $FG = BF$, i przenieśmy punkt niewzruszony z B na F. Ponieważ w tym razie siła 3P tak ciągnie w górę punkt B, że dzwignią AF

z któ-

z który punktu A zawieszony jest ciężar P, utrzymuje w równowadze, tak jak siła 2P ciągnąca w górę punkt C, utrzymywała w równowadze tenże ciężar P zawieszony z punktu A, a siła 3P = jest ciężarowi 3P; więc odiawszy tę siłę 3P z punktu B, a zawiesiwszy ciężar 3P z punktu G, będzie dźwignia AG, mająca punkt niewzruszony F także w równowadze; a gdyby z punktu F wyjęty był goździk, a na to miejsce dana siła = 4P, któraby ten punkt F ciągnęła w górę, i ta także siła utrzymywałaby dźwignię AG w równowadze, ciężar P zawieszony na A, i ciężar 3P zawieszony na G, a ze wszystkiemi utrzymywałaby ciężar P, + 3P = 4P, a ramiona AF i FG tey dźwigni będą jak 3: 1. tym sposobem i dalej postąpić możemy przedłużając co raz bardziey dźwignię i przekładając ię punkt niewzruszony. Co gdy czynimy, iasną jest rzecz, że nie tylko jedno ramię ku A w jakimkolwiek stosunku danym liczby całej do iedności można dłuższe dać od drugiego, ale też i ciężary z obu końców dźwigni zawieszoné są w tymże stosunku na odwrót, gdy dźwignia pozioma jest w równowadze. Ogólnie tedy każda dźwignia prosta PR, której punkt nie ruchomy jest Q, w równowadze zostaje, jeżeli ciężar P na punkcie P zawie-

wieszony, jest do ciężaru p zawieszoného na punkcie R, jak QR: QP, iakiżkolwiek będzie ten stosunek.

§. V.

Dotąd uważaliśmy, że nieruchomy punkt dźwigni przypadał między miejscami, na których ciężary wisiły, i takową to dźwignię nazywają się *dwuramienną* (vectis heterodromus). Gdy zaś na samym końcu dźwigni jest punkt nie ruchomy, a oba ciężary po iednej stronie wiszą, taką dźwignię *iednoramienną* (Vectis homodromus) nazywamy. Co się tycze równowadze w takięy dźwigni niech będzie punkt nie ruchomy Q dźwigni dwuramiennę PR, i na P zawieszony ciężar P, na R zaś ciężar p, agdy dźwignia stoi w równowadze, znajdziemy $P:p = QR:QP$, (§. V.) i punkt Q na dół będzie ciągnięty ciężarém $P+p$, czyli Summą ciężarów. Zaczęma przyprawiwszy drót na Q, któryby prosto szedł w górę na T, i tam go około goździa wbitęgo okręciwszy, jeżeli z drugiego końca tegoż drótu zawiesimy ciężar, któryby był $= P+p$, punkt Q tymże ciężarém $P+p$, w górę jest ciągnięty a prosto zostanie w równowadze nawet goździk wyiawszy z punktu Q. (Rozd. I. §. 14.) W takowym zaś razie można przybić goździkiem punkt P, i ciężar z P zdjąć. Tym się sposobem robi dźwignia iednoramienna na której ciężary

Dźwignia
iednoramienna i
dwuramienna.

Fig. 11.
i Fig. 12.

żary P i $P + p$, zawsze w przeciwné stro-
ny działać powinny, żeby dźwignia zosta-
wała w równoważności. A że ciężar $P + p$,
jest do ciężaru p , na R , iak $PR : PQ$, gdyż
było $P : p = QR : PQ$, zaczęm i $P + p$:
 $p = QR + PQ : PQ = PR : PQ$, zaczęm
w obu gatunkach dźwigni prostéy, gdy
jest równoważność, ciężary są w stosunku
odwrotnym odległości od punktu nieru-
chomego.

§. VI.

Doświad-
czenie
przez któ-
ré potwier-
dza się na-
uka o dźwi-
gni pro-
stéy.

Fig. 13.

Tén stosunek między ciężarami i przez
doświadczenie się potwierdza. Pręcik
n. p. AG , należycie tęgi wszędzie jedna-
kowo gruby i szeroki, podzielony na σ .
n. p. równych części, w punktach B, C, D ,
 E, F , a z punktu szrzedniego D , zawie-
szony, gdy jest w równoważności, równé
mieć będzie ciężary na końcach swoich
n. p. i łut na A i ieden łut na G . Ale ieże-
li ten pręcik z punktu C zawieszony, a mię-
dzy A i G ciężar nań się włoży, tedy chcąc,
iżby około punktu C , był w równoważno-
ści, położymy na A ciężar z łutów, a na
 G , ciężar iednego łuta. Podobnymże spo-
sobem, jeżeli ten pręcik z B zawiesimy,
tedy pięć łutów położone na A równa wa-
gę trzymać będą z jednym łutem zawie-
szonym z G . i t. d. Dla ciężkości bowiem
własnéy część pręcika dłuższa zniżą się,
choć ciężar na niéy nie wisł, ani iéy nie
ciśnie, a przeto, żeby nie szła na dół, trze-
ba

ba zawiesić ciężar na krótszém ramieniu.
Z téy przyczyny na początku nauki o dźwi-
gni (§. 3.) przypuściliśmy że w nim za-
dany nie ma ciężkości.

§. VII.

W reszcie to, czegośmy względem cię-
żarów dowiedli, do innych sił łatwo się
stosuje; gdyż można ciągnąć, albo cisnąć
ciała nie tylko ciężarami, ale i innémi siła-
mi n. p. siłą ludzką, końską, rzeki, wiatru
i t. d. Nad to każde ciało nie tylko podług
kierunku pionowégo, iakim ciężarém cią-
gnięte bydl może, ale i podług innégo iak-
iegokolwiek, jeżeli sznurek, na którym
wisi ciężar, utrzymaie się na blochu albo
na dźwigni. Łatwo też zrozumieć, że co
się tyczy równoważności, ta się zachowu-
ie, czyli to człowiek czyli woda, bądź
ciężar, bądź inna iakakolwiek władza po-
ciaga albo ciśnie iakié ciało, byleby tylko
to w każdym razie działało się siłą równą,
nie odmiéniając kierunku. Ogólnie tedy
mówić można, że dźwignia prosta jest
w równoważności, gdy dwa iéy biegi po-
dług kierunków do dźwigni prostopa-
dłych ciągnięte bywają, takiémi siłami,
któreby były w stosunku odwrotnym od-
ległości rzeczonych punktów od punktu
nie ruchomego.

Ogólne
podanie
o równo-
ści dźwi-
gni pro-
stéy.

§. VIII.

Jeżeli na obwodzie kręgu albo koła, Równowa-
żność koła
które się obraca około swégo szrodka, cią-
gnie-

albo kręgu

Fig. 14.

gniemy jakie dwa punkta n. p. A i D podług kierunku stycznych AB, DE, w stro-
ny przeciwnie równymi siłami, krąg w ró-
wnoważności zostaje. W obrocie albo-
wiem kręgu każdy z osobna punkt, ró-
wną prędkością się unosi, i ma kierunek
podług styczney. (Xię. I Rozd. VI. §. 2.)
Jeżeli tedy jaki bieg zaczyna się na punkcie
D ku E, na ów czas równy téż bieg
wzniesć się na A ku F, to jest: jeżeli
punkt D pewną siłą ciągnie ku E, tedy i
punkt A razem równą siłą pędzi ku F.
Lecz punkt A nie może się poruszyć, gdy
go siły równe ciągną razem ku F i ku B,
zaczem téż nie może się obracać, jeżeli A
pewną siłą ciągnie ku B, a razem i punkt
D równie ciągniony jest ku E; zaczem
w takowym razie cały krąg jest w ró-
wnoważności.

§. IX.

Równowa-
żność
dzwigni
kątowey i
krzywey.

Fig. 15.
i Fig. 16.

Dzwignia nie zawsze jest prosta ale
czasem *krzywa* (vectis curvus) czasem *ką-
towa* (angularis) to jest z wielu prostych
w kąty ułożona. Ale bądź tén ma kształt,
bądź inny, bądź jest dwuramienna, bądź
iednoramienna, jeżeli punkt nieruchomy
jest na C, a inne dwa iey punkta A i D cią-
gnione są podług kierunków AB, DE, któ-
réby były na płaszczyźnie DAC, i do linii
CA, CD prostopadłe, od sił zaś S, s które-
by miały stósunek odwrotny z témiz linia-
ni, dzwignia będzie w równoważności.

Za-

Zatoczmy albowiem ze szrodka C promię-
niami CD, CA, na płaszczyźnie DAC dwa
koła, i poprowadźmy na téż płaszczyz-
nie przez punkt C w jakikolwiek sposób li-
niia prostą FC, któraby przecinała większe
koło na F, mniejsze na G, do której GI,
i FH niech będą prostopadłymi. Tym spo-
sobem będziemy mieli dwa kręgi, na ie-
dnéjże płaszczyźnie, i co do większego
kręgu toż samo nastąpi, czy będzie cią-
gniony na F podług kierunku FH, czyli
téż iednakową siłą s na D, podług kierun-
ku DE, a co się tyczy mniejszego kręgu,
bądź go siła S pociągnie na G, kierownością
GI, bądź na A kierownością AB ténże sam
skutek będzie (§. 9.) A że gdy punkta
G i F ciągnione są od sił S i s, wtedy jest
równoważność byleby było $S : s = CF : CG$.
(§. 8.) Więc położywszy punkt D za-
miast F, i A zamiast G, kręgi w równo-
ważności będą, czyli siły S i s na punktach
A i D są w stosunku $CF : CG$ albo $CD : CA$.

§. X.

Jeżeli punkt dzwigni D nie jest ciągnio-
ny kierunkiem DE, do linii CD prostopa-
dłym, ale kierunkiem innym jakim n. p.
DM, tedy poprowadziwszy z którego kol-
wiek punktu linii DM, ME do DE, liniia
MN do CD, i liniia CL do DM prostopadłą,
będzie trójkąt MDE podobny trójkątowi
DCL. Nad to jeżeli DM wyraża siłę F,

F

która

Najmniey-
szą siłą jest
dostatecz-
ną gdy
prostopa-
dle na
dzwignią
działa.

którą ciągnie punkt D kierowaniem DM, tę siłę można rozdzielić na dwie inne DN i DE. (Rozd. I. §. 14.) Pierwsza z tych sił ciśnie punkt D na przeciwko punktowi C, który będąc nieruchomym odpięra, tak dalece, że ta część siły całkowitej punktu D zgoła poruszyć nie może, choć innéj nie ma w dźwigni, któraby punktowi D do biegu przeszkadzała. Zaczém druga część siły, samą dźwignią poruszać mogąca, musi być równa sile s, jeżeli dźwigni równoważny punkt A ciągniony jest do B, siłą S. Zaczém jest $F: s = DM: DE = CD: CL$. A że się ma $s: S = CA: CD$. (§. 10.) więc $F: S = CA: CL$. Stąd iawnie pokazuje się, że wtedy najmniejszą siłą na punkcie D, utrzymać można równowagę siły S na punkcie A, gdy się wywiera siła na punkcie D podług kierunku DE prostopadłego do CD. Zawsze albowiem jest $DM > DE$, a zatem jeżeli jest iakikolwiek kierunek inny oprócz DE, trzeba większą siłę do sprawienia równowagi.

§. XI.

Czegośmy dowiedli względem punktu D, toż samo ma miejsce i względem punktu A, jeżeli go ciągniemy innym kierunkiem AO, a nie kierunkiem AB. W takim razie przedłużwszy jeżeli tego potrzeba, linią AO, i poprowadziwszy do

W dźwigni wszelkiego gatunku będącej

nię prostopadłą CP, jeżeli siła f, na AO, też samą równowagę sprawuje, którą przedtem siła S, na AB, będzie $f: S = CA: CP$, a zatem $f: F = CL: CP$, gdyż jest $S: F = CL: CA$. (§. 2.) Ogólnie tedy w każdym razie i we wszelkim gatunku dźwigni, takie siły równowagę sprawują, które są w stosunku odwrotnym linii z punktu nieruchomego prostopadłe wędzionych do kierowań tychże sił, tak dalece, że rozmnożywszy obiedwie siły przez linie do nich należące, to jest F, przez CL a f, przez CP mnogości, które się wagami sił (momentum virium) nazywają, z obu stron wypadną równe, to jest $F \cdot CL = f \cdot CP$; gdy dźwignia jest w równowadze.

w równowadze wagi sił (momenta virium) powinny być równe.

§. XII.

Stąd wyrozumiwamy że dźwignia prosta ciężarami obciążowana, jeżeli się równo wazy będąc poziomą, zostanie też w równowadze będąc pochyloną, gdy siła zewnętrzna obraca około punktu nieruchomego bez żadnej odmiany w ciężarach. (*) Niech albowiem będzie dźwignia

Dźwignia prosta ciężarami obciążowana, jeżeli się równo wazy poziomą, tedy i pochyloną także się równo wazy.

F 2

g

(*) Ta prawda zdaje się na pozór sprzeciwiać doświadczeniu, gdyż szalki pochylone, nigdy nie stoja w równowadze, ale albo do pierwszego położenia powracają, albo jednym końcem

gnia prosto poziomą AB. w równoważności, obróconą zaś około nieruchomego punktu C niech przyjdzie na DE. Ze szrodka C zatoczmy łuki AD, BE, a spuściwszy pionowe DF, GE, linie CF, CG będą prostopadłe do kierunków tych sił, które cisną albo ciągną punkta D i E. Ze trójkąty CFD, CEG, są podobne, przeto $CF:CG=CD:CE=CA:CB$. Jeżeli więc ciężar na B, nazwiemy p, ciężar zaś na A, nazwiemy P, a te ciężary na dźwigni AB, są w równowadze, to jest, $p \cdot CB = P \cdot CA$, czyli $p:P=CA:CB$, będzie $p:P=CF:CG$, skąd wypada $p \cdot CG = P \cdot CF$, to jest, wagi ciężarów są równe w każdym położeniu dźwigni, z czego się pokazuje, że ta dźwignia we wszelkiem położeniu zostaje równoważna (§. 13.). Punkt C, utrzymuje tylko ciężar $P+p$ i tymże ciężarem na dół jest ciśniony.

§. 14.

cem w górę, drugim na dół stawiają. Dzieje się to z takowej przyczyny, iż w szalkach szrodek ciężkości nie przypada, pospolicie w punkcie ich zawieszenia, ale albo wyżej albo niżej tegoż punktu, gdyby zaś szalki tak sporządzone były, iż by punkt zawieszenia przez szrodek ciężkości przechodził (czego dowodzić można) w ten czas ciężarami równymi z obu stron, tak poziomą jako też iakokolwiek pochyloną (bez odmiany jednak ciężarów) zawsze zostawałyby w równowadze. Tak właśnie, iak ciała twarde równą ciężkość z wodą mające w téj głębokości zostają, do których je zanurzamy.

§. XIII.

Używanie dźwigni jest powszechne, jeżeli n. p. w dźwigni AB. jest jedno ramie AC do drugiego CB w stosunku 1: 15 a na punkcie A ciężar od 150 funtów, na punkcie B, dosyć jest położyć tylko 10 funtów żeby dźwignia stanęła w zupełnej równowadze. Cisnąc tedy nie co mocniej na punkcie B. n. p. 11 funtami, to jest równą siłą téj, którą możemy podnieść 11 funtów, w ręku, cały ciężar od 150 funtów na A podniesiemy. Piętnaście razy wprowadzisz przedźwi biędz musi punkt B, niż ciężar idzie w górę gdyż tak BE, i AD razem przebiegane bywają, a są do siebie iak CB: CA, iak 15: 1; iednakowoż jest bardzo wygodnie że małą siłą od 11 funtów można podnieść za pomocą dźwigni ciężar, któryby ręką nie mógł bydz podniesiony bez dźwigni, chyba używszy siły daleko większej od 150 funtów.

Przydatność dźwigni.

Fig. 17.

§. XIV.

Widzieć się dają skutki dźwigni nie tylko u Rzemieślników ale i w pospolitem użyciu nawet natury dziełach. Gdy trzeba podnieść kamień przyciężki, grubą drzewa kłodę, albo inné tym podobné ciało, podsuwamy pod nie drag mocny, który na kamieniu albo na inném iakiem ciele tęgim, nie daleko od ciężaru położonem opieramy, żebyśmy mieli pewny punkt nie

Podkładka.

nieruchomy, a potem drugi jego koniec ciśniemy na dół dla dzwignienia ciężaru. To ciało na którym się dzwignia wspiera nazywamy *podkładką* (*hypomochlion*) a ciało, które dzwignią podnosimy albo poruszamy, ciężar (onus).

§. XV.

Mularze, Cieśle, Młynarze i inni rzemieślnicy używają drażka żelaznego wątkowatego, który z jednego końca jest nie co zakrzywiony. To narzędzie ABC, pod ciężar D podłożywszy, i punktem zakrzywienia B na podkładce oparłszy, ciężar D, mierną siłą na C będącą podnosić mogą, gdyż ramię BC daleko dłuższe jest od ramienia AB. Rzemieślnicy czasem używają rzeczonożnego narzędzia w ten sposób, że koniec jego A wpięraią w ziemię, a zakrzywieniem podnoszą ciężar. W tym razie wystawiają nam przed oczy dzwignią jednoramienną, której punkt C trzeba podnosić, jeśli chcemy ciężar podzwignąć. W obu przypadkach ten jednakową siłą ciężar łatwo podnosić, który kierunkiem prostopadłym CF, dzwignia w górę lub na dół, niżeli ten, który podnosi ciężar kierunkiem ukośnym (§. 11.). Taczki nawet pospolite własność dzwigni mają; gdyż średni punkt C w ich kółku jest niby punktem nieruchomym, bo się zniżyć nie może, na A ciężar P ciśnie, a przy B siła w górę podnosi.

Im

Im tedy dłuższa jest rękoleść CB od części swęcy CA, tem łatwiej jest ciężar podnosić. Podobnie i mosty zwodzone przy bramach miast, klęszcze, nożyce, miotki i noże, ponieważ mają pewny punkt nieruchomy, około którego się obracają, są niby dzwigniami. Samé kości w zwierzętach, przez muszkuły ruszane, są wyobrażeniem dzwigni, czego nas Anatomia dokładniej naucza.

§. XVI.

Podkładka dzwigni dwuramiennę wytrzymuje razem ciśnienie siły i ciężaru, to jest summy z siły i ciężaru, zaś dzwignia jednoramiennę wytrzymuje tylko ciśnienie różnicy między siłą i ciężarem. Stąd można dochodzić iak mocna podkładka w każdym z tych razie być powinna, ile ciężaru na dragach utrzymywanego przypadnie na każdego n. p. z dwóch ludzi lub zwierząt dzwigających ciężar. Jeżeli bowiem dwóch ludzi miała nieść ciężar D, na dragu poziomym CB utrzymując jego końce na C i B, łatwo zrozumieć, że ową drag jest niby dzwignia jednoramienna, któremu niby za podkładkę jedn z dzwigających, drugi zaś siłę podnoszący wyraża. Jeżeli ciężar jest umieszczony pośród draga, siła, która go podnosi, ma być połowie ciężaru równą, (§. 8.) a drugą połowę ciężaru utrzymuje podkładka, tak dalece, że w tym razie cały ciężar na obu

Jak mocna
powinna
być pod-
kładka.

Fig. 21.

dwóch dzwigających równie się rozdziela. Lecz pomykając ciężar bliżej ku punktowi B, niż jest ta, która się równa połowie ciężaru, na punkcie C ubywa ciśnienia; przeciwnie rzecz się ma, gdy ciężar zbliżamy do C. Jeżeli tedy ieden z dzwigających jest słabszy od drugiego, na ten czas zawsze trzeba zbliżyć ciężar ku stronie mocniejszego. Tak n. p. gdy ieden na C 100. funtów, drugi na B 50 tylko wygodnie nieść może, a cały ciężar waży 150 funtów, trzeba żeby była odległość CA: AB = 1: 2 w ten czas bowiem będzie CA: CB = 1: 3, a siła na B wynosi $\frac{1}{3}$ D, czyli 50 funtów, siła zaś na C, $\frac{2}{3}$ D, czyli 100 funtów.

§. XVII.

W jaki sposób niesiony ciężar najmniej ciśnie.

Człowiek dzwigający sztabę żelaza, równie wszędzie gruba i gęsta, lub inny iaki ciężar, gdy go nie ciągnie po ziemi trzeba żeby go tak ułożył na ramię, iżby średni punkt na nim się wspierał; gdy bowiem sztaba równie wszędzie jest gruba i gęsta, łatwo stąd wniesć, że ta sztaba środkiem swoim oparta, równowagę zachowa. Więc ten punkt podpartszy człowiek dzwigający sztabę wytrzymałe ciśnienie od niej samęj. Lecz gdy się ten punkt średni nie wspiera na nim, ale część sztaby z tyłu n. p. jest dłuższą niż z przodu, dzwigający musi krótszą ięć część ręką przy-

przyciskać, ażeby z dłuższą była w równy wadze. Zaczęć w takowym razie ramię wytrzymałe powiększone ciśnienie od owęj siły którą ręką przyciska sztabę, i którą się łączy z ciężarem samęj sztaby.

R O Z D Z I A Ł III.

o srzodku ciężkości.

§ I.

W ciele twardém iakiegokolwiek kształtu wystawmy sobie w myśli, że tylko dwa punkta fizyczne A i B są ciężkie (Wstęp, Rozd. XV. § 8.) reszta zaś ciała bynajmniej nie cięży; w takim razie będzie odległość tych dwóch punktów nieodmienna dla twardości tegoż ciała w jakimkolwiek iego biegu. Zaczęć linia AB może wyrażać dzwignię prostą, tęgą nie mającą ciężkości, i na A ciężarem P punktu A, na B zaś ciężarem p punktu B ciśnioną. Jeżeli tedy jest AC: CB = p: P tedy podpartszy punkt C, punkta A i B będą się między sobą równoważyły, a to nie tylko gdy linia jest AB poziomą, ale i w jakimkolwiek położeniu, iakożkolwiek poruszy się ciężar, byleby tylko punkt C był podparty, (Rozd. II. § 13.) który zawsze wytrzymałe ciśnienie równé

Srzodek ciężkości.

Fig. 22.

wne summie ciężarów $P + p$. Jeżeli więc dalej przypuszczimy, że w ciele znajduią się 3 punkta ciężkości A, B i D, i że ciężar punktu D jest b, linia CD będzie dzwignią obciążowaną na C ciężarem $P + p$, a na D ciężarem b. Zrobmy więc CE: ED = b: $P + p$, a będą wszystkie trzy punkta, iakiekolwiek położenie mając około punktu E w równoważności, gdy ten punkt E jest podparty. Jeżeli w ten sposób co raz więcej punktów ciężkich będzie przybywało bez końca można postępować i zawsze znaleźć jaki punkt, który podparwszy, wszystkie punkta ciężkie, w każdym położeniu ciała zostaną w równoważności i który przyciska podkładkę ciężarem wszystkich punktów. Zaczem też sama prawda mieścić też mieć będzie, chociaż wszystkie punkta, z których się ciało składa, są ciężkie. Każde więc ciało twarde ma pewny punkt, który podparszy, całe ciało w jakimkolwiek położeniu utrzymywać będzie równoważność i który tylé ciśnienia wywierá na podkładkę, ilé jest ciężaru w całym ciele, i ten to punkt nazywamy *środkiem ciężkości w ciele*. (centrum gravitatis corporis.) A taki środek ciężkości iako widzimy jeden tylko w każdym ciele być może, iak na przykład w kuli pół ołowianey, a pół drewnianey, środek

dek ciężkości jest w części ołowianey téj kuli, a zatém nie w jéj środku. Przystępując Nauczyciel do wyłożenia Ucznióm nauki o środku ciężkości, niech im pokaże różne ciała figury regularné i z jednéj materyi, gdzie na oko obacza, że tam środek figury tych ciał jest oraz środkiem ciężkości, w innych zaś nie regularné figury lub nie z jednéj materyi ciałach pokaże im środek ciężkości odmienny od środka figury.

§ II.

Jakiekolwiek ciało twarde nie tylko pełné i wydrążone, czyli wewnątrz próżné ma środek ciężkości, który to wprowadzie środek, jeżeli ciało jest pełné, w samém ciele, jeżeli zaś wydrążone, wewnątrz jego wydrążenia pospolicie przypada. Nad to i w każdym ciele ciekłym musi być środek ciężkości, około którego utrzymowałoby się ciało w równoważności, gdybyśmy je zamknęli w naczyniu nie mającém ciężkości. Gdyż ciecz zewsząd zamknięta, tak się w całe ma, iak ciało tegie; bo odległości między iéy cząstkami zgola się nie odminiają. Nawet zbiór iakiey liczby ciał od siebie odległych miałby spólny środek ciężkości, około którego utrzymywałyby się té ciała w równoważności, coby i na oko pokazać

Wszystkie ciała nawet ciekłe mają środek ciężkości.

mo-

można gdyby te liniami tęgiemi, i ciężkości nie mającemi połączono. Ta prawda łatwo się okazuje w ten sposób, którym dowiedliśmy wyżej, (§ 1.) że w jakimkolwiek układzie punktów ciężkich, dzwigniami złączonych, zawsze się znajduie środek ciężkości; gdyż każdy takowy punkt można mieć za środek ciężkości iakiego ciała, a tak spólny środek między punktami będzie środkiem powszechnym ciężkości wielu ciał.

§ III.

Środki
ciężkości
w kulach i
w innych
ciałach
jednoro-
dnych.

Środek iakiegokolwiek kuli jednordnny jest oraz środkiem iey ciężkości; gdyż każda linia prosta, poprowadzona przez środek kuli w tymże środku dzieli się na dwie części równe, i każdy punkt ciężki z jednej strony téj linii ma w jednakowey odległości od środka punkt sobie odpowiadający, równego ciężaru na drugiej stronie, tak dalece, że summa ciężaru wszystkich punktów z obu stron jest równa. Zaczem każda z osobna z tych linii trzyma równowagę około środka linii (Roz. II. § 12.) Zaczem i cała kula, iako mogąca się podzielić na takie linie fizyczne (Wstęp XV. § 8.) ma środek swęj ciężkości w środku kuli. Ogólnie zaś mówiąc wiele jest ciał takich, które mają taki środek swojej wielkości (centrum magnitudinis) czyli punkt przez któ-

który każda linia od jednego końca do drugiego przeciągnięta dzieli się na dwie części równe. Tu należy nie tylko kula ale i sześcian, walek, graniastosłup i t. d. Przeto łatwo wyrozumiewamy, że w każdym takim ciele zbiór ciężkości przypada tam gdzie wielkość ciała ma swóy środek, jeżeli ciało jest jednordne (Wstęp XV. § 17.) i równie wszędzie pełne.

§ IV.

Idzie zatem że w kuli złotęj równie iaki w żelaznej, drewnianej, szklanej i t. d. środek ciężkości ma miejsce w środku kuli, a ogólnie mówiąc w jakimkolwiek układzie punktów ciężkich, środek zupełnie tenże sam zostaje, chociaż każdego z osobna punktu ciężkość wszędzie jednakowo się powiększa, albo zmniejsza. Dajmy bowiem, że ciężar punktu A jest $= P$, punktu B $= p$, punktu D $= b$, i t. d. Potem zaś na miejscu A, położmy ciężar $2P$, na miejscu B, ciężar $2p$, na miejscu D, ciężar $2b$, to jest powiększmy ciężar każdego z osobna punktu w jednakowym stosunku 1:2, a jest rzecz oczywista, że punkt C, który wynaydujemy kładąc $AC:CB = p:P$, będzie środkiem ciężkości, nawet pomnożywszy ciężary, gdyż $p:P = 2p:2P$, a zatem i $2p:2P = AC:CB$.

Środek
ciężkości
nie odmie-
nia się, gdy
ciężar ka-
żdego pur-
tku z oso-
bna w je-
dnakowym
stosunku
pomnaza-
my albo
zmniejsza-
my.

CB. Podobnymże sposobem, ponieważ jest CE: ED = b: P + p, a zatem jest E środkiem ciężkości ciężarów b, P, p, zatem będzie także E środkiem ciężarów 2b, 2P, 2p, gdyż 2b: 2(P + p) = b: P + p = CE: ED. Ze zaś tym sposobem można iść dalej bez końca pomnażając coraz bardziej a bardziej liczbę punktów ciężkich, ogólnie się pokazuje, że wielekroć jest punktów ciężkich, byłoby się odległości między nimi nie odmięniały, środek spólny ciężkości zawsze jest tenże sam, i żadnym się sposobem nie odmięnia, byleby w tymże samym stosunku powiększał się albo zmniejszał ciężar każdego w szczególności punktu. Przeto wszelkie ciała jednorodné, równé wielkości, i całe do siebie podobné, mają w sobie środki ciężkości podobnie leżące, bądź iakokolwiek jedno ciało jest cięższe lub lżeysze od drugiego.

§ V.

Lecz i układy punktów ciężkich różné wielkości byleby były tylko sobie podobne co do kształtu i ciężaru, mają w sobie środki ciężkości podobnie leżące. Daymy bowiem, że dwa układy punktów ciężkich A, B, D i P, Q, R wielkoscia różnią się wprawdzie, ale nie ciężarém części, tak że punktu A i P

Środki
ciężkości
ciał różné
wielkich,
ale podobnych
co do kształtu

cięż-

ciężar jest równy P, ciężar punktu B i Q = p, punktu D i R = b i t. d. Toż jeżeli rzeczóné układy punktów i co do kształtu są sobie podobné, będą odległości między któremkolwiek dwoma punktami, sobie odpowiadającymi w obu układach wszędzie w tymże samym stosunku stałym, to jest AB: PQ = ED: QR = AD: PR i t. d. i kąt między temi liniami, iakoto przy Q i B, tudzież przy P i A, przy R i D i t. d. równé. Jeżeli tedy naprzód w obu układach po dwa tylko bierzemy punkta A i B, P i Q, a miejsca C i S są zbiorami ich ciężkości, będzie QS: PS = P: p = CB: CA, a zatem obadwa zbiory podobnie leżą, co do punktów, których są środkami ciężkości. Jeżeli trzeci dodajemy punkt, w obu układach R i D, a T i E są zbiorami ciężkości wszystkich trzech punktów w obu układach znowu będzie ST: TR = CE: ED. Zaczém zbiór T takowé ma położenie względem zbioru S, iakie zbiór E, względem zbioru C. Lecz dla téż przyczyny środek T względem punktów danych P i Q, których zbiorém jest S, toż samo położenie mieć będzie, które ma środek E, względem odpowiadających punktów danych A i B, których zbiorém jest C. Ze bowiem trójkąty PQR i ADB są podobné, położwszy punkt D, na punk-

i ciężaru
swych czę-
ści, całe
podobné
maia poło-
żenie.

Fig: 24.

kie

kie R, i bok DA na boku RP, bok DB pada na bok RQ i AB jest równoodległa od PQ. Zaczem linią AB tak przecina linią RS, że iey części są w stosunku PS: SQ. A że w samej rzeczy jest AC: CB = PS: SQ linią DC pada na RS. Tymże samym sposobem pokazuje się, iż położywszy punkt B, na punkcie Q, i bok BD na boku QR, linią BE pada na QT, albo punkt A położywszy na punkcie P, i bok AD na boku PR, linią AE pada na PT. Zaczem wszystkie trójkąty podobnie ułożone, to jest: CBE, i SQT, EBD i TQR; EAD i TPR; EAC i TPS są sobie podobne. Zaczem zbiór T, względem punktów P i Q, toż samo ma położenie, co i zbiór E, względem punktów A i B. Przydawszy do tego w obu układach czwarty punkt ciężki, zbiór ciężkości wszystkich czterech punktów, w témże samem położeniu będzie względem zbioru T, iak w drugim układzie względem zbioru E. Zaczem toż samo położenie będzie co do punktów S, R i C, D, których zbiory są na T i na E. Węć toż samo będzie względem punktów P, Q i A, B, których zbiory ciężkości przypadają na S i C. Tym sposobem można postępować bez końca, iakakolwiek liczba będzie danych punktów i dowieść, że zbiór ciężkości zawsze iednakowé ma położenie w jednym

dnym układzie, iak w drugim względem wszystkich punktów danych. Z czego wyrozumiewamy, że i we wszelkich ciałach podobnych co do kształtu i co do ciężaru cząstek, iakozkolwiek wielkością różnych, zbiory ciężkości podobnie leżą. Ani potrzeba tego, żeby ciężary punktów z osobna sobie odpowiadających, w obu układach równé były, ale dosyć jest, gdy tylko mają stosunek wszędzie stały; gdyż powiększywszy, albo zmniejszywszy ciężar wszystkich punktów w jakim ciele podług stosunku stałego, zbiór ciężkości w niem się nie odmięnia.

§. VI.

Jeżeli ciało twarde pewnym punktem E, albo B na dole się wspiera, albo też w górze z punktu D, lub A jest zawieszone, a linią pionową DE przez punkt oparty idącą nie przechodzi razem przez środek ciężkości ciała, wtedy ciało z położenia swego się wyrusza i upada. Lecz jeżeli linią pionową AB przechodzi przez środek ciężkości C, ciało nieporuszenie w swoim położeniu zostaje i nie wywraca się. Że bowiem punkt E, który jest podparty odstepuje od linii pionowej AB przechodzącej przez środek ciężkości C, i zostaje na spodniej powierzchni ciała; więc przeciągnawszy przez ten punkt E linią FC, ta będzie nam wystawiała dzwignią prostą FCE, pochyło do AB, gdzie

Każde ciało, którego środek ciężkości pod pień nie jest podparty, własnym ciężarem obala się.

Fig. 25.

G

punkt

punkt podparcia jest E, na jednym końcu tej dźwigni cały ciężar ciała w środku ciężkości C zebrany, a na drugim końcu F, nie nie masz takiego, aby ten ciężar utrzymywało w równowadze, więc ciało na tę stronę gdzie jest środek ciężkości C, upadnie. Toż samo, i tymże sposobem okazać można, gdy nie punkt dolny E jest podparty, ale punkt ciała wierzchni D odpowiada punktowii dolnemu E, jest przybity lub zawieszony. Gdy zaś podeprzemy punkt dolny B albo przybiciemy lub zawiesimy punkt wierzchni A z których tak jeden jak i drugi znajduje się na linii pionowej AB przechodzącej przez środek ciężkości C, wtedy linia AB wystawiać nam będzie dźwignią pionową ACB, gdzie cały ciężar ciała zebrany w środku ciężkości C, całym sobą ciśnie w kierunku tej dźwigni pionowej ACB; a zatem ciało w żadną stronę tej dźwigni upadzić nie może.

§. VII.

Jakim sposobem
środek
ciężkości
wynajdu-
je się
przez do-
świadcze-
nie

Można tedy przez doświadczenie środek ciężkości wynaleźć w jakim ciele, wkładając je na graniastosłup albo na inne ciało graniaste, i z wolna już w tę, już w ową stronę pomykając dopóty, póki na samej krawędzi graniastosłupa w równoważności nie stanie. Natychmiast bowiem będzie się równoważyle, skoro jego środek ciężkości wejdzie na linię pio-

pionową do krawędzi graniastosłupa (§. 7.). Zaczęć płaszczyznę pionową przez tę krawędź równoważności przechodzącą, oznacza przecięcie ciała, na którym to przecięciu środek ciężkości jego znajduje się. Pod takie doświadczenie ma podpadać długość, potem szerokość, a na koniec i grubość ciała; co uczyniwszy będziemy mieli trzy płaszczyzny, których wspólne przecięcie się jest tylko punktem, który to punkt inny być nie może, jedno sam środek ciężkości. Jeżeli zaś jakie ciało jest tak wielkie, iż środek ciężkości jego tym sposobem wyznaczyć nie można, trzeba udzielać innemu ciału małe podobne wielkiemu i na tym doświadczeniu czynić: gdyż środek ciężkości całe podobne ma położenie względem części w małym takim ciele jak i w wielkim (§. 6.).

§ VIII.

Żadne ciało na płaszczyźnie poziomej postawione własnym ciężarem nie może się obalić, póki środek jego ciężkości jest na linii pionowej nad podstawą choćby rzeczona podstawa była jednym punktem tylko (§. 7.). Tak kula jednorodna na takowej płaszczyźnie nie poruszenie stoi, gdyż punkt, w którym się płaszczyzna dotyka, jest pod środkiem ciężkości na linii pionowej (§. 4.). Ani kula kierunkiem poziomym na płaszczyźnie popchnię-

Kiedy cia-
ła mocą
stoi na
płaszczyz-
nach po-
ziomych

tą mogłaby dla ciężaru swego obracać się ale to czyni tarcie, że ją widzimy i posuwającą się i obracającą razem, bo cząstki na powierzchni kuli styrczące, ustawicznie zaczepiają się o podobneż cząstki na płaszczyźnie i temiż odparté bywają; tak n. p. koła suwają się poniekąd po lodzie, a na bruku obracają (Wstęp XII. § 4.) Gdy zaś linia pionowa przez srzodek ciężkości przechodząca za podstawą przypada, ciało przez własny ciężar obala się. Z téj to przyczyny wszystkie mury, ściany, płoty &c. stawiają się pionowo, bo ukośnie ustawione z czasem obaliłyby się, pomimo utwierdzenie w ziemi ich fundamentów, albo przynajmniej nie byłyby tak mocné jak w położeniu pionowém. Dają się wprawdzie widzieć tam i owdzie wieże osobliwą niby sztuką starożytności tak zbudowane, że znacznie są pochylé, ale i w tych linia pionowa przez srzodek ciężkości części pochyléj przechodząca między fundamentami wieży przypada.

§ IX.

Kiedy
zwierzęta
i ludzie
mocno sto-
ją na płaszczyznach
poziomych.

Niektóre ciała nie na gruntowój podstawie, ale na nieiakich podporach utrzymują się, iako to zwierzęta na nogach. Miejsce między temi podporami będące zastępuje podstawę, i łatwo wyrozumieć wamy, że ciało nie może się obalać, gdy linia pionowa od srzodka ciężkości spuszczone na to miejsce pada. Przeciwnie

zaś

zaś tak ludzie iako i zwierzęta obalała się, gdy z jakiej przyczyny do takiego położenia przychodzi, że też pionowa przez srzodek ciężkości idąca bardzo od stóp oddala się. Człowiek nie równie większemu niebezpieczeństwu upadania podlega niż bydło, i dziecię z wielką trudnością chodzić się uczy, gdyż miejsce czterema nogami zwierzęcia obięte jest znacznie, a srzodek ciężkości prawie nad srzodkiem tego miejsca przypada. Lecz w chodzeniu człowieka, cały jego ciężar, nie wielkie miejsce ma za podstawę, i dla téj przyczyny za każdym krokiem nie co się na bok pochylamy. Ogólnie też powiedzieć można że ciała przy jednakiéj wysokości i ciężarze tém trudniéj obalała się, im większą mają podstawę, iako to widzieć można na Figurze 26.

§ X.

Podobnymże sposobem okazuje się, że ciała równéj ciężkości P i podstaw AD = FH, których srzodek ciężkości C i I, przypadała nad srzodkami podstaw B i G, tém łatwiej się wywracała, im rzezoné srzodki wyżej wyniesione są nad podstawami. Niech albowiem będzie wysokość IG większą od wysokości CB, będzie też i samo ciało FN, wyższe od ciała AM. Uderzywszy więc oba ciała poziome w górnych punktach E i L siłą v, wagi ciężaru Px GH, i Px BD, będą równé, gdy

Ciało, gdy
inne okoli-
czności są
jednakowe
tém łatwiej się
obala, im
wyżej ma
swój
srzodek
ciężkości

Fig. 27.

bierzemy $GH = BD$. Lecz waga siły v. HN. w wyższym cieie większa jest od wagi siły v. MD. w niższym (§. 11.); zaczem też łatwiej się wywraca ciało wysokie. Ale choćby ciało wysokie FN nie było wyższe od ciała AM, przecięż linia CD przez większy kąt przechodzić będzie niż linia HI przechodzi przez kąt IHN, nim ciało się obali. Że bowiem zawsze jest $IG > CB$ przeciagnawszy linią BC, zrobmy $OB = IG$, a oczywiście się pokazuje, iż kąt ODM mniejszy jest od kąta CDM. Jeżeli tedy ciało FN jest też i wyższe od ciała AM, dwojaka znajduje się tego przyczyna, dla której trzeba, albo dłużey albo mocnięj to potrać niż tamto, żeby upadało. Stąd poznaemy, za co trzęsieniem ziemi wieże, kominy, i gmachy wyższe daleko prędzej i łatwiej się obalają jak niższe.

§. XI.

Zeby więc iakie ciało nie łatwo upadło, trzeba się starać, ażeby szrodek ciężkości tegoż ciała nie był wysoko nad podstawą. Możemy zaś szrodek ciężkości w jakim cieie zniżyć, albo ogólnie mówiąc, niby na inné miejsce przenieść, jeżeli do niego inné ciało przyłączymy. Niech albowiem będzie ciało AB obciążone inném AD albo w jakikolwiek sposób z niem połączone. Zawieśmy oba té ciała na dzwigni poziomę FG z punktów C i E, na których

szrod-

Odmiana
szrodka
ciężkości
w jakim
cieie po-
chodząca
z przeło-
żenia jego
części, al-
bo doda-
nia no-
wych.

Fig 28

szrodki ich ciężkości przypadają, a iawną jest rzecz, że punkt nieruchomy H. około którego dzwignia, a zatem oba ciała połączone będą w równoważności, zawsze przypadnie między F i C. Zaczem szrodek ciężkości ciała, do którego się dodaie drugie, przypadnie na linii pionowey n. p. HI, (§. 7.) między punktami C i E, i bliżey téy strony, z której jest ciężar większy, niż tey gdzie jest szrodek ciężkości C, ciała samego AB. Przeciwnie jeżeli ciała złączone zaiedno mamy, odiawszy z jednéy strony część AD, szrodek ciężkości posuwa się ku przeciwnéy stronie z linii HI na punkt C. Jeżeli tedy szrodek ciężkości ciała, które obciążamy, ma zostać na téyże linii pionowey a nie ustępować ku ciężarowi, trzeba i z drugiey strony B iakie ciało nowe dodać.

§. XII.

Z tego co się powiedziało, łatwo zrozumieć, czemu okręt naładowany, gdy nań z boku wiatr, albo fala uderza, nie tak łatwo się wywraca jak próżny. Gdyż szrodek ciężkości okrętu obładowanego jest niżey, niż próżnego, bo go ciężar niby na dół ściaga (§. 8.). Nad to okręt naładowany będąc cięższym mocnięj się opiera wywróceniu. Dla tego żeglarze, gdy im zbywa na towarach musza piaskiem na dnie okręt wyładować. Podobną jest przyczyna co do karet i wozów, które jeżeli

chcą-

Okręt na-
ładowany
trudnięj
się wywra-
ca, niż
próżny.

chcemy żeby nie były wywrótné, trzeba ié tak sporządzać i obciążowywać, iżby srzodek ich ciężkości iak najniżey przypadał.

§. XIII.

Odmiana
srzodka
ciężkości
w zwierzę-
tach.

Wiele jeszcze rzeczy podług nauk danyh wyłożyć można, które się zdarzają w poruszeniach ciał tak ludzi iak i zwierząt. Zwierzęta bowiem nie mają ciał zupełnie tegich, ale mają ciała różnemi sposobami wyginać się mogąc, przez co się dzieje, że czasem niektóre części z jednego boku przechylają się na drugi, a zatém srzodek ciężkości ku temuż bokowi przenosi się właśnie iakby tam nowé ciało dodané było. Tak ludzie dzwigając ciężar na plecach, schylają się na przód, i którzy w jedną rękę iaki ciężar trzymają, drugą ręką wyciągają, żeby ię wagę pomnożyli względem srzodka ciężkości schylają się całemi sobą w stronę ciężarowi przeciwną; bo tym sposobem dowodzą, iż srzodek ciężkości nie schodzi z linii pionowej która w obrębie podstawy przypada (§. 10.) Najlepię się znaia na téy sztuce po sznurach chodzący, iak niezliczonemi sposobami, w momencie czasu, tak się ułożyć, żeby srzodek ciężkości zawsze należycie był utrzymany. Samé nawet zwierzęta są w téy sztuce biegłe. Tak ptąstwo u którego szyje są przydłuższe, gdy z ziemi podlatuje, wznosi ié prosto, żeby srzodek ciężkości przypadał między skrzy-

skrzydłami, a całe ciało niemi się równoważyło. Wyciągnawszy bowiem na przód szyję, równowagę nie mogłaby się utrzymać, ale srzodek ciężkości pomknął by się nad to ku przednim częściom ich ciała.

§. XIV.

Jeżeli srzodek ciężkości D iakięgo ciała pod pion w górę ciągniemy nicią DL, a siłą całému ciężarowi ciała P wyrównyującą nie może się ciało ruszyć, bo cały ciężar P w punkcie D iest niby zebrany (§. 1.). Niech tedy linia DL oznacza rzeczony ciężar P, i niech bądźie linia DG równoodległa od AB iakokolwiek do windodraga nachylona, LI od nięj równoodległa, LG zaś i DI do teyże linii DG prostopadłe, a można rozdzielić siłę DL na dwie inné DG i DI, (Roz. I. §. 14.) tak dalece, że zamiast nici DL z jednakowym skutkiem można użyć do utrzymania srzodka ciężkości dwóch razem nici DG i DI, z którychby jedna była ciągniona siłą DG, druga siłą DI. Tym sposobem cały ciężar ciała w równoważności będącego rozdzieli się na dwie części, z których jedna siłą DI, druga siłą DG wprost przeciwna i równa iest (Rozd. I. §. 14.). Jeżeli tedy ciało wspiera się na płaszczyźnie tegięy AB równoodległęj od linii DG a do AC nachylonęj, mającęj wysokość BC, ta część windodraga ciężaru, która ma kierunek prostopa-

Znalazł się któryby dany ciężar iakiegokolwiek ciała za-trzymać można na płaszczyźnie pochylęj.

Fig. 29.

stopadły DF do płaszczyzny, przez odpór płaszczyzny całe ginie (Rozd. I. §. 1.). Zaczem można odjąć nie DI, a ciało ieszcze się będzie równoważyło nad płaszczyzną, bylebyśmy je tylko ciagneli siłą i kierunkiem DG. Są zaś trójkąty DLI i ABC podobne, a zatem siła DG do siły DL, czyli do całego w ciele ciężaru P, jest iak BC: AB, a przeto też siła $DG = P \times \text{Wst. A}$, podobnie też drugą siłą $DI = P$. Dost. A. z czego się pokazuje że ciało w tym zupełnie jest stanie, iak gdyby obydwie siły tam się znajdowały gdzie jest szrodek iego ciężkości.

§. XV.

Używanie
płaszczy-
zny pochy-
łej w pod-
noszeniu
ciężarów.

Zaczem im większą jest wstawa kąta A, tćm większy siły potrzeba do utrzymania ciała D, a przeto i do popędzenia go w górę. Z tćy to przyczyny trudnićy jest ciągnąć ciężary na góry przykrć niż z lekka pochyłć. Gdy jednak rzeczona siła DG zawsze mniejszą jest od ciężaru (ktćry wyżćy oznaczaliśmy przez linią DI) łatwo wyrozumiećwamy, że płaszczyzna pochyła do podnoszenia ciężarów, równie iak dzwignia jest bardzo zdalna. Tak n. p. niech będzie wstawa A dziesiąta częścią wstawy caćy, a ciężar od 100 funtów, każdy widzi, że ten znaczny ciężar na płaszczyźnie w namieniony sposób pochyłćy, może być utrzymany małą siłą 10 funtów, a zatem że trochę większą siłą n. p. 11 funtami

tami może być w górę podniesiony, chociaż moc podnosząca musi przebieć mieyscć AB, dla podniesienia ciężaru do wysokości CB, to jest: *dziesięć razy większć, niż jest wysokość.*

§. XVI.

Wiemy iuż iakićy potrzeba siły aby (§. 15.) tabędąc równoległą do równi pochyłćy równoważyła z ciężarćm P na nićy się znajdującym, a tą jest $DG = P \text{wst. A}$. Daymy teraz że ciagnićmy nazad ciężar P nie iuż w kierunku równoległym do równi ale ukośnym n. p. DH. Linią DH wyrażać bćdzie w tym razie siłć czyniacą równowagę na równi z ciężarćm danym. A że siła DH rozebrać się może na dwie siły DG, GH, jest zaś $DH > DG$, iako przeciwnie prostokątna od iednego z ramion wchodzących w kąt prosty G: wnieść więc należy ogólnie, że siła nie równoległa do równi pochyłćy koniecznie musi być większą od siły równoległćy do tćyżć równi aby z ciężarćm równoważyła. Stąd tu wyrozumieć można, dla czego n. p. konie ciężar iaki pod górę ciagnąć, wszedłszy na wierzech góry, skoro na równinie staną, daleko mocnićy ciagnąć muszą, niż pod górę ciagnęły.

§. XVII.

Lecz ićżeli ciała iaką siłą na płaszczyźnie nie utrzymuićmy, tedy to ciało ciężarćm swoim po płaszczyźnie spada. Je-
szcze

Siła ukoś-
ną czy-
niącą ró-
wnowagę
z ciężar-
ćm na ró-
wni pochy-
łćy jest
większą
od siły ró-
wnoległćy
z tćmżć
ciężarćm
równowa-
żącym.

Fig. 29.

W jakićm
razie ciało
wywraca

się na płaszczyznach pochyłych.

Fig. 30.

szece gdy linia pionowa CD, od szrodka ciężkości C idąca pada w obrębie podstawy na której ciało AB wspiera się, każdy punkt jego na dół leci równym biegiem jednostajnie przyspieszonym, bo położenie cząstek względem szrodka ciężkości, bynajmniej się w tym razie odmienić nie może (§. 7.) Zaczem całe ciało spada biegiem postępnym równie przyspieszonym ale się nie obala na płaszczyźnie pochyłej (Rozd. 7. §. 4.). Lecz jeżeli linia pionowa GH, od szrodka ciężkości G ciała EF idąca za obrębem podstawy pada, łatwo ciało obala się i spada po płaszczyźnie; gdyż ogólnie mówimy wszelkie ciało, które nie jest podparte w prost szrodkowi swoięy ciężkości obala się (§. 7.). Sama tylko kula jednorodna, toczyłaby się na dół po płaszczyźnie pochyłej własnym ciężarém, choćby żadnego tarcia nie było; gdyż linia pionowa DE pada za punktem F, na którym się jedynie kula wspiera. Jeżeli tedy wystawimy sobie myślą przez punkt F, przechodzącą płaszczyznę pionową, któraby była prostopadłą do płaszczyzny ABC, rozdzieli kulę na dwie części nie równe, z których przednia iako cięższa wraz z szrodkiem ciężkości na dół polecie, a zatém pociągnie za sobą i część poślednia. Lecz chociaż szrodek kuli na dół spada, wszelako też samę ma zawsze odległość od płaszczyzny pochyłej, tak dalece,

ce, że bieg tego szrodka kuli, tenże sam jest co i punktu po takięy płaszczyźnie spadającego (Rozd. 1. §. 4.). Ludzie także i zwierzęta gdy na górę wstępują, nachylają się, zstępując przeciwnie wyprężają, i tym sposobem dowodzą, że linia pionowa przez szrodek ich ciężkości przechodząca w obrębie podstawy pada; gdyby inaczej szli, upaść by musieli.

§. XVIII.

Trzymając ukośnie nic z ciężarém na niey zawieszonym, gdy ten ciężar z ręki wolno wypuścimy, nic wraz z nim wezmie położenie pionowé. Jeżeli bowiem iakić ciało B, albo raczej szrodek jego ciężkości na nici ukośnie trzymaney CB jest zawieszoné, a pionową BE oznaczają cały jego ciężar P, linie zaś EF, DB do przeciągnięty CB są prostopadłe, rozdzieli się siła BE na siły EF i BD (Rozd. 1. §. 14.) Pierwszą siłą nic się wyciąga, ale ruch żaden stąd nie nastąpi: drugą zaś siłą BD pędzi ciało kierowaniem styczney BD przez łuk kolisty BA. (Xię. 1. Rozd. 6. §. 11.) ta zaś BD albo $EF = P$. Wst. C, bo kąty ACB i EBF równe są. Za znienieniem kąta C, gdy punkt ciężki jest na A, a nic pod pion stawą, siła też BD ginie, a cały ciężar P na ciągnięcie nici wywierą się. Z téy przyczyny i rzemieślnicy kierów pionowych dochodzą przez piony, bo żadne ciało ciężkie na nici wolnie zawieszoné,

Wahadła zawsze są pionowé czyli prostopadłe do windo-draga.

Fig. 31

szoné, nie może spokojnie wisieć, gdy nie jest prostopadła do windodragu.

§. XIX.

Wykład
pewnego
ruchu, któ-
ry zdaie
się byż
przeciwny
własności
ciężaru
ciała.

Fig. 32.

Nie kiedy ciało, gdy iego szrodek ciężkości na dół idzie, taki ma ruch, że nieswiadomém здаie się iakby szło w górę. Ciało n. p. iednorodné A mającé kształt dwóch ostrokregów równie z sobą złączonych, jeżeli położymy na dwóch listewkach w ostry kąt B złożonych, przy C zaś i D całą długością tegoż ciała A od siebie odległych, a oraz na C i na D wyższych tylé niż na B, żeby taż wysokość nie dochodziła połowy grubości szrodkowéy ciała A; uyrzemy, że się będzie toczyło ciężarém własnym ku C i D. Dwuostrokrag bowiem położony na silni CBD na B, w tén sposób, iżby oś iego była pozioma częścią swoią grubszą, to jest szrodkową z obu stron tamże wspiera się, a zatém szrodek O iego ciężkości, który tu jest w szrodku ciała, to jest w szrodku podstawy obu ostrokregów, ten mówię szrodek ciężkości znacznie jest wyniesiony nad najwyższą listewkę powierchnią RP. To jest: gdy PQ jest wysokością którą ieden koniec listewek wznosi się nad drugi, a gdy linia QNR jest poziomą, tedy pionowa ON będzie prawie równa połowie grubości szrodkowéy tego dwuostrokregu, połowa grubości większa jest niż wysokość PQ, tak dalece, że pozioma OM przypada nad punktem P. Po-

łoży-

łożywszy tedy dwuostrokrag na PQ, gdzie listewki całą długością iego są od siebie odległe, ponieważ dwuostrokrag z obu stron jest kończasty, tam oprzeć się nie może, chyba temiż końcami, które są na osi iego. Zaczém w tym razie oś dwuostrokregu jest na P, a przeto szrodek iego ciężkości tylko do wysokości PQ nad linią poziomą RQ jest wyniesiony. Zaczém rzeczony szrodek ciężkości spada na dół z wysokości MP, gdy dwuostrokrag z N bieży do Q. Zaczém w saméy rzeczy spadać będzie od N do Q własnym ciężarém, bo szrodki ciężkości ciał zawsze spadają z wyższych miejsc na niższe, gdy nie ma przeszkody. W saméy rzeczy w tym przypadku dwuostrokrag spada po płaszczyźnie pochyłej, chociaż się zdaie iż po téy płaszczyźnie idzie w górę.

R O Z D Z I Á Ł IV.

o ruchu wahadeł.

§. I.

Jeżeli ciało iakokolwiek bieży po linii prostéy tęgicéy i nieruchoméy AB, a na miejscu B, toż ciało bierze kierunek CB, i przebiega miejsce CB, w tymże samym czasie, w którymby przebież mogło linią DB bieżąc iednotaynie; prowadziwszy linią DC, i dopełniwszy równoległoboku pro-

Ciało po
wielu pla-
szczy-
znach złą-
czonych
bieżące,
na każdym
zafarmaniu

sto-

tych płaszczyzn gdzie się kierowanie biegu odmiennie części biegu swęgo traci.

Fig. 34.

stokątnego DCBE, rzeczony bieg DB, rozdzielił się na dwa biegi jednostajne BC, i BE (Xie. I. Rozd. I. §. 8.) Jednym z tych biegów BC, punkt bez żadnej przeszkody na linii BC, tęgię idź zaczyna, ale bieg BE, ponieważ przypada wprost na linię tęgą i nie poruszona BC, oporém téż linii zupełnie ginie. (Rozd. I. §. 1.) Że tedy bieg BC, zawsze jest mniejszy od biegu BD, punkt musi zawsze tracić nie co z biegu swego, gdy przechodzi z jednej linii na drugą przez załamanie, gdzie się łączą linie, a tém samém, gdzie się kierowanie biegu odmiennie.

§. II.

Ta część biegu, którą przez odmienną kierowania ginie, czasem jest całę nieznaczną

Jest zaś $BC = \sqrt{(BD^2 - DC^2)}$. Jeżeli tedy kładziemy, że DC, jest $= \frac{1}{100} BD$, będzie $BC = BD \sqrt{\frac{99}{100}} = 0,99 BD$, to jest: różnica między liniami BD i BC wynosi połowę jednéj części setnéj z linii BD, albo połowę dziesiątęj części z linii DC. Gdy kładziemy, że DC jest $\frac{1}{1000} BD$, będzie $BC = 0,99995 BD$, to jest różnica między liniami BD, i BC, wynosi pół jednéj części dziesiątosiętnéj z linii BD, albo pół jednéj setnéj części z linii DC, i tak dalej. Z czego wyrozumiećwamy, że gdy kąt CBD, staie się nieskończenie małym, tedy i linia CD jest częścią nieskończenie małą linii BD (Wstęp XV. §. 2.) to jest różnica między liniami BD i BC zasada się na częście nieskończenie mały, téj części także

także nieskończenie mały z linii BD, tak dalece, że ta różnica, choćby też nieskończenie się powtórzyła, jednakowoż nie uczyniłaby większy sumy, iak tylko równą częście nieskończenie mały z linii BD.

§. III.

Zaczém punkt, który na iakiey linii krzywéj tęgię i nieruchoméj bieży iakozkolwiek, nie nie traci z biegu swego prócz ustawiczne odmiennianie kierowania; gdyż na każdym miejscu swoiey drogi krzywéj ma kierowanie podług styczney (Xie. I. Rozd. VI. §. 11.). Przeto bieg ma taki iakby miał na styczney tęgię i nieruchoméj. Im bliżéy siebie leżą punkta zetknięcia (contactus) iakiégo łuku krzywégo z styczną, tém mniejszy téż jest kąt między stycznými, tak dalece, że w reszcie staie się nieskończenie małym, gdy punkta zetknięcia nieskończenie coraz bliżéy a bliżéy do siebie przystępują, bo w tym razie obydwie styczne, za jedno niemal mogą bydź wzięte i kierunek ich będzie prawie jednakowy. Zaczém kierunek punktu na linii krzywéj bieżącého, w tén się sposób odmiennie, iak gdyby ténże punkt przebiegał linie pod nieskończenie małými kątami połączone. A chociaż ta odmiana na każdym punkcie linii krzywéj zachodzi, a tém samém nieskończenie się powtarza, jednakowoż i nieskończenie powtórzona, nie

Ciało na powierzchni ni krzywéj iakozkolwiek biegnące, z biegu swego nie traci, chociaż ustawicznie odmiennie kierowanie.

H

meze

może zmniejszyć biegu więcéy, iak częst-
kę nieskończenie małą (§. 2.) Zaczém
punkt przebiegaiać całą linią krzywą przez
ustawiczną odmiannę kierowania, traci tylko
częstkę biegu swęgo nieskończenie małą,
to jest całe nieznaczną a prawie żadną.

§. IV.

Prędkość
punktu po
wielu
płaszczyz-
nach zła-
czonych
zstępnie-
cego albo
wstępnie-
cego.

Fig. 35.

Dáymy, że linie proste AB, BC, CD są
tęgie i nieruchome na iakiéy płaszczyźnie
pionowéy. Niech będzie IA linia pozi-
omá, HC zaś GB i ID pionowé, spuszczone
od rzeczonyéy pozioméy. Niech spada
punkt ciężki z miejsca spoczynku A wła-
snym ciężarém, a będzie miał prędkość na
miejscu B do wysokości GB należącą (Rozd.
I. §. 8.). Dáymy tedy, że kierowanie
owego punktu bez ubywania prędkości
odmienił się na B i ténże punkt będzie
miał na C prędkość do wysokości HC na-
leżącą, a na D prędkość należącą do wyso-
kości DI, a tak zawsze iego prędkość na
każdém miejscu do całej wysokości, z któ-
réy spada należy, iakażkolwiek liczba bę-
dzie linii połączonych, gdyż tu bierzemy,
iakiéy żadnégo tarcia i oporu nie było od
powietrza. Nie mniéy pod temiż warun-
kami punkt ciężki, który idzie w górę
z D prędkością do wysokości ID należącą
przez DC, CB, BA na każdym miejscu
wznosi się prędkością do téy wysokości
należącą, do którój pozioma IA nad owém
miejscém jest wyniesiona (Rozd. I. §. 10.)

§. V.

§. V.

Że tedy każda linia krzywa składa się
niby z nieskończenie wielu cząstek nie-
skończenie małych, na które się iéy styczn-
ne dzielą, i po niéy punkt bieżący nie nie-
traci z swęgo biegu przez ustawiczną od-
miannę kierowania, (§. 3.) idzie stąd, że
ieżeli ADB jest linia krzywa pionowo sto-
iąca tęga i nieruchoma, po którój punkt
ciężki, od linii pozioméy AB z miejsca B
spada na sam dół D, prędkość punktu
ciężkiego, gdyby nie było żadnégo tarcia
i oporu od powietrza, na którémkolwiek
miejscu n. p. na F, należałaby do wysoko-
ści pionowéy FI, a zatem na D do piono-
wéy czyli do wysokości DC. Że tedy
punkt ciężki wszędzie bieży kierowaniem
stycznój z miejsca D, prędkością odpo-
wiedaiącą wysokości DC, więc przebieży
w górę DHA aż do A, i będzie miał na i-
akiémkolwiek miejscu n. p. H prędkość
należącą do wysokości pionowéy IH, która
prowadzoną jest do pozioméy AB. Tak-
kie zaś własnym ciężarém ciała przyspie-
szone spądanie i na przemiany opóźnione
ustępowanie, nazywamy *ruchem wahania*
(*motus oscillationis*) a każde takie ciała iść
lub powrót z jednego punktu górnego do
drugiego nazywamy *wahaniem* (*oscillatio*)
I tak n. p. położywszy kulę gładką na
powierzchni krzywéy także gładkiéy, albo
wpuszcivszy ją w rynienkę krzywą i do-
prze

Ruch wa-
hania.

Fig. 36.

H 2

prze

brze wygładzoną żeby iak náymniey, było tarcia, ta kula własnym ciężarém spada na dół, i w górę idzie ustawicznie przez długi czasu przeciąg. Ale ię wahania z wolna coraż bardziey się zmniejszają, iuż oporém powietrza, iuż też tarcie, tak dalece, że na koniec na samym dole powierzchni krzywcy spokojnie stanie taż kula.

§ VI.

Punkt ciężki gdy spada na którémkolwiek miejscu, n. p. na F w tén sposób bieży, iak gdyby zostawał na styczney tegiey GF owego miejsca (§. 3.) schyloney ku linii poziomey DL, pod kątem EGL. Lecz po takięj linii punkt spada siła, która iest do iego ciężaru iak wsta: G: 1. (Rozd. I. §. 14.). Jeżeli tedy linia krzywa ADB iest łukiem kolistym, który się ze szródku C, promiennie CF wykreśla, przeciągnąwszy tén promień na M, będzie kąt GFM prosty. A że GFL z kątem LFM także czyni kąt prosty; zaczęm kąt na G równa się kątowni LFM, to iest, kątowni DCF, czyli C; zaczęm ta siła, która pędzi punkt na miejscu F, iest do ciężaru 1. punktu, iak wsta. C: 1. Lecz gdyby ténże sam punkt wisiał na nici CB, przywiązawszy C, także przebiegałby linią krzywą BDA, i taż sama siła pędziłaby go na którémkolwiek miejscu F krzywcy iego drogi (Rozd. III. §. 20.). Jest tedy ruch wahadła, (tak się bowiem nazywa punkt na linii prostey za-

Wie-

wieszony i koło iakięgo punktu nieruchomego téyże linii wahany), cale ténże sam, co i ruch wahanía po łuku kolistym, tegim i nieruchomym.

§ VII.

- Że tedy kąt C i iego wstawa ustawicznie odmianie podlega, gdy się punkt ciężki waha, dowodnie wyrozumięwamy, iż siła, która go porusza ustawicznie się odmięnia nie tylko co do kierunku, ale i co do wielkości, zaczęm ta siła nie iest iednostayna, (Rozd. I. §. 11.) chociaż od ciężkości swóy początek wzięła. Przeto i ruch punktu wahaiećego się, iest nie iednostaynie iuż przyspieszony iuż opóźniony; gdyż widoczna iest rzecz, że tegoż biegu ustawicznie przybywa do połowy łuku, a przez drugą połowę ubywa: nie może zaś przybywać albo ubywać biegu iednostaynie, ebyła że siła iest iednostayna.

§ VIII.

Ruch wahadeł nieiakięgo nad sobą wymaga zastanowienia przezeń czas iak náydokładniey wymięrzamy i na części iak náymnieyszé dzielimy. Przez wahadło niezłożone (pendulum simplex) rozumie my punkt ciężki zawieszony na linii prostey nie mający ciężkości, i około iakięgo punktu nieruchomego téyże linii, który punktem zawieszenia (punctum suspensionis) nazywa się, ruchomy. Długoscią wahadła iest odległość punktu ciężkiego od

pun-

Ruch wahanía iest nieiednostaynie przyspieszony albo opóźniony.

Wahadło niezłożone

punktu zawieszenia. Nie masz w samęj rzeczy wahadła niezłożonego; ale się tylko w myśli wystawia, gdyż wszystkie wahadła, których w samęj rzeczy używamy, są ciałami ciężkimi, a zatem złożonemi na niejakich ciężkich prętach lub nitkach zawieszonemi, ale ruch ciał tak zawieszonych dokładnie zrozumieć nie możemy, jeżeli piérwéj nie przenikniemy własności wahadła, któreby było niezłożonem, i dla téj przyczyny należy zaczynać od tego wahadła, które potem bez żadnego dodatku wahadłem zwać będziemy.

§ IX.

Pół waha-
nia są ró-
wné i ró-
wnowcze-
sné.

Fig. 36.

Dopuszczając, że żadnego tarcia i oporu od powietrza, słowem, że żadnej przeszkody do ruchu nie ma, łatwo wyrozumieć, iż półwahania w wieszadle nie tylko się odprawiają przez łuki równé, ale téż iż przez równy czas trwają, czyli że są równoczesne (isochronæ). Niech albowiem będzie tak łuk BDA koła zatoczonego ze szrodka C, na którym punkt ciężki waha się, a na D sam spód tegoż łuku dójdzie łuk po spadnięciu z B aż na A, do téjże saméj poziomej linii AB, z której spadł, (§. 5.) a zatem łuki BD i DA w połowach obu wahań będą równé. Nad to zróbmy kąty DCF, DCH równé, a będą stycznymi na F i H pod równemi kątami do dwigni nachyloné. Niech będą Hh i Ff dwie cząstki równé, bardzo małe z tych

z tych stycznych, iawną jest rzecz, że, jeżeli punkt ciężki przebiega przez rzeczonę cząstkę, ponieważ prędkości na F i H do równych wysokości FI = HI należą, a tém samém tak iako prędkości na f i h są między sobą równé, ow punkt w jednokowym czasie spadnie przez Ff i pójdzie w górę przez Hh (Rozd. I. §. 10.). Toż samo okazanie wazy względem którychkolwiek innych dwóch punktów na łuku BDA wziętych. Im zaś mnieysza jest cząstka styczney Ff, tém bardziéj się ma ku linii krzywey, a gdy w reszcie bierzemy nieskończenie małą, zupełnie z linią krzywą zchodzi się. Takowych zaś cząstek nieskończenie małych i równych zawiera w sobie łuk DHA tyle, ile łuk DFB, i gdy każda cząstka na jednym łuku w równym czasie przebieżoną bywa, iakiéy odpowiadająca iednakowo nachylona w drugim łuku; idzie stąd, iż téż punkt przez cały łuk DHA podnosi się w równym czasie, iak przez drugi BFD na dół spada.

§. X.

Gdyby iaki punkt ciężki na F położony stamtąd spadał przez cięciwę FD, potrzebowalby do spadnięcia takowégo czasu, w jakimby z miejsca spoczynku wolnie spadał przez wysokość z CD to jest przez szrednicę koła całego, którego na figurze jest tylko połowa ABD (Rozd. I. §. 7.). Tén zaś czas jest dwa razy tyli, iak ow

w któ-

W jakim
czasie
punkt cięż-
ki spada
przez
styczną lu
row koła.

w którym z miejsca spoczynku wolnie spada przez $\frac{1}{2}$ CD, i który nazwiemy t, gdyż wysokości w spadaniu wolnem są w stosunku kwadratów z czasu, a zatem będzie $4t^2: t^2$ albo $4: 1 = 2CD: \frac{1}{2} CD$. Gdyby więc ten punkt ciężki przez równą i podobną cięciwę DH znowu szedł w górę, bez uszczerbku swęj prędkości, cały czas przez któryby wstępował i zstępował byłby 4t. Gdyby zaś przez styczną FG spadał, tedy czas na przebieżenie téj linii pochyłej łożony byłby do czasu 2t bieżenia przez drugą linią pochyłą FD, z téjże samęj wysokości FL, iak FG: FD, (Rozd. I. §. 4) a przeto ténże czas przez $FG = \frac{2}{3} FD$.

FD

Teraz bierzmy, że punkt spadłszy przez FG bez żadnego zmniejszenia prędkości na G, bieży z G na D, prędkością nabytą, a łatwo się pokazuje iż bieg punktu przez GD jest iednostayny, bo linia GD jest poziomą, i nadto iedna styczną koła DG, równą się drugićy FG, a zatem punkt nabytą prędkością na G mógłby przebieść linią 2 DG w tym czasie, w którym przez FG spada (Rozd. I. §. 5.). Zaczém w połowie tego czasu z G, przechodzi na D, a zatem cały czas w którym styczne łuku BFD przebiega, jest $= 3. FG$ t. i gdyby

FD

z drugićy strony przez podobne i równé styczne szedł w górę, tedy cały czas ustępowania

wania i zstępowania iego byłyby $= \frac{6 FG t}{FD}$.

§. XI.

Poprowadźmy promień CG, któryby przecinał cięciwę na N, a będzie FN = DN, i kąt na N, prosty; zaczém trójkąty CFN, NFG są podobne a kąty NFG i GCF równé. A że FG: FN = 1: dost: C przeto gdy kąt C jest iednęj minuty lub mniejszy, będzie FN prawie = FG, i FD = FG + GD = 2 FG, i T = 3 t, (§. 10.). Jeżeli się kąt GCF powiększa, tedy czasu T przybywa, ale iednak bardzo pomalu dopóty, póki ow kąt jest niewielki. Dáymy bowiem że jest 5° , będzie iego dostawa = 0,9962, gdyż wstawa cała u nas zawsze jest = 1. Więc na tén czas FN = 0,9962. FG, i FD = 1,9924. FG a zaś T = 301. t, a zatem tylko setną częstką czasu t będzie większe od 3t. Możemy tedy, gdy łuki wahań są bardzo małe zawsze brać prawie T = 3t, z czego się pokazuje, że lubo summa stycznych FG + DG, w małych nawet kątach większą jest nieco od cięciwy FD, przecięż do przebieżenia stycznych zawsze znacznie krótszego czasu potrzeba, niż do przebieżenia cięciwy, bo prędkości między F i D, na stycznych wszędzie są większe, niż na cięciwie, co nam pokazują pionowé, gdy ię od poziomę FH do stycznych i do cięciwy poprowadzimy.

§. XII.

W jakim czasie punkt spada przez styczne małego łuku.

§ XII.

Czas spadania przez łuk mniejszy jest od czasu spadania przez cięciwę łuku, a większy od czasu spadania przez styczną.

Dajmy, że wahadło pojedyncze na punkcie C zawieszone waha się po łuku FDH, czyniąc kąty małe nie przechodzące n. p. 5° i owszem mniejsze od 5° (jak się powszechnie rozumie gdy o wahaniami wahać się mówi bez dodatku). Jeżeli mówię wahadło pojedyncze z punktu C zawieszone waha się przez łuk FDH, łatwo okazać można, że czas jednego wahanía całego zawsze przypada między 3 t, i 4 t, iakoby granicami. Ze bowiem FG + GD, w łuku małym DPF, całe prawie jest = FD cięciwie, zaś sam łuk DPF mniejszy od summy FG + GD, a większy od cięciwy FD, iasną jest rzecz, iż ténże łuk jeszcze mniej się różni od cięciwy, niż summa stycznych różni się od téjże cięciwy. Ta zaś w krótszym czasie bywa przebiegana niż cięciwa, dla większych prędkości (§. 11.). Przeto na łuku FPD, gdzie prędkości wszędzie większe są, niż na cięciwie FD, a mniejsze niż na stycznych, wypada stąd, iż z równych prawie dróg FG + GD, FPD, i FD pierwszą przebieżoną bywa w najkrótszym, drugą w średnim, trzecią w najdłuższym czasie. Przystępuje zaś czas położony na przebieżenie łuku, gdy łuk jest nader mały, bardzo blisko do czasu położonego na przebieżenie stycznych, bo punkt na początku i na końcu łuku FPD iednakowo bieży, iak przez

przez styczną FG i FD; (§. 3.) iednakowoż różnica między temi obudwoma czasami zawsze znaczna będzie w wahaniami przydłuższych, nawet gdy łuk jest nieskończenie mały, tak właśnie, iako i różnica czasu w przebieganiu cięciwy i stycznych zawsze się równa $\frac{1}{3} T$, choć łuk jest bardzo mały.

§. XIII.

Że tedy czas T wolnego spadania jest kresem czasu D, w którym wieszadło iedno wahanie odbywa, tén zaś kres większy jest w łuku większym, niż w mniejszym (§. 11.) jest rzecz bardzo dowodna, że i czas D razém z łukiem się powiększa nieco, i przeto większe wahanie w większym także nieco czasie dzieje się niż mniejsze, różnica zaś między temi czasami, byleby obadwa wahanía były bardzo małe, niezmiernie jest mała, tak dalece, że chyba długo powtarzana, ciąglem ruchem wahadła, nakoniec może się okazać znaczną, gdyż kres T w bardzo małych wahaniami zupełnie niemal jest ténże sam. Ta wprawdzie rzecz zupełnie się potwierdza przez dokładniejsze ruchu wahać roztrząśnienie, ale razém przytrudniejsze, niżby na tém miejscu wyłożyć ić można, z którego pokazuje się iż blizki kres czasu D jest $3\frac{1}{2} t$ prawie czyli ogólnie πt , gdzie π oznaczać będzie okrąg koła, którego średnica jest 1. i że do tego kresu, tén bliżej

Czas wahanía niey-mniejszego.

bliżej, przystępują wahania im mniejsze są, ma się więc czas wahania bardzo małego do czasu wolnego spadania przez pół długości wahadła niezłożonego iak π : 1. albo iak okręg koła do swoięy szrednicy.

§. XIV.

Jeżeli tedy ze dwóch wahadeł pojedynczych iedno długości L , waha się przez kąt bardzo i niby nieskończenie mały w czasie D , drugie zaś długości l , w czasie d , a iest T czasem wolnego spadania przez $\frac{1}{2}L$, i t przez $\frac{1}{2}l$, będzie $D = \pi T$, zaś $d = \pi t$, zatem $D:d = T:t$, a że iest $T:t = \frac{1}{2}L:\frac{1}{2}l = L:l$, więc D^2 i d^2 , czyli kwadraty czasów najmniejszych wahań, w tymże stosunku są z długościami; owżem i większe wahania, ieżeli tylko kąty ich są równe, ténże sam stosunek długości wahadeł zachowują względem kwadratów czasu. Zaiste iest to prawda, że większego wahanía w jedném wahadle czas iest nieco większy niż πT , i drugiego wahadła także trochę większy niż πt , ale zawsze podług stosunku kąta wahanía. Jeżeli tedy oba rzeczóné wahadła wahaia się przez kąt równy, czasy tych wahań zawsze będą w stosunku $\pi T:\pi t$, albo $T:t$, albo $D:d$, tak dalece, że wahadlo we czworo dłuższe, od drugiego we dwoie powolniejszy się waha, we czworo krótsze, dwa razy prędzcy i t. d. równe kąty w wahanu przebiegając.

§. XV.

§. XV.

Czas iakięgo wahanía najmniejszego w wahadle niezłożóném, ma się do czasu wolnego spadania, przez pół długości wahadła, iak 3, 14:1. blisko, a zatem kwadrat iednego czasu, do kwadratu drugiego iak 9, 86:1. Jeżeli tedy wahadlo w 1" raz waha się, przypuściwszy, że punkt ciężki na miejscu bezpowietrzném wolnie spada w 1" przez 15 $\frac{1}{2}$ stóp Paryzkich, to iest: przez 181. calów stopy Paryzkię (Xię. I. Rozd. V. §. 2.) będzie 9, 86: 1. iak 181, do pół długości wahadła, (§. 13.) która zatem będzie 18, 357. calów. Zaczem długość wahadła sekundowego (tak się bowiem nazywa wahadlo, które w 1" raz się waha) cała iest 36, 714. calów czyli 3 stopy 8 $\frac{1}{2}$ liny Paryzkich w tych krajach, gdzie ciała ciężkie w 1", wolnie spadają przez 15 $\frac{1}{2}$ stóp Paryzkich.

§. XVI.

Gdy wiele punktów ciężkich od siebie odległych, ale mocno połączonych okółto tegoż samego punktu zawieszenia, razem się wahaia, takie wahadlo nazywamy złożóném (pendulum compositum). Jak w wahadle AC, oprócz punktu A, ieszcze może byđz inny punkt ciężki G, albo nad punktem zawieszenia C, albo niżej tegoż punktu, a w tén czas wahadlo CGA, będzie iakoby złożóné z dwóch innych CG, CA pojedynczych ale gdyby też wahadła nie były

Wahadła
sekundowe.

Wahadlo
złożóné u
myslowé.

Fig. 37.

były z sobą złączone, pierwsze prędzëj się wahało, drugie powolnëj w stosunku $V CA: V CG$ (§. 14.). Łatwo tedy wyrozumiećwamy, że w wahadle złożoném CGA bieg ciężkiego punktu A , a dalszego od punktu zawieszenia C , przez bieg punktu G bliższego tego zawieszenia pospiesza się, bieg zaś punktu G , przez bieg tamtego opóźnia się; bo obadwa są z sobą złączone i razëm się wahać muszą, tak dalece, że to wahadło składanë wolnëj biega od pojedynczego CG , a spiesznëj od niezłożonego CA . Jeżeli tedy PR wahadło iest niezłożonë, które biegiëm swoim wymierza kat równy w tymże czasie co i składanë CGA , i jeżeli $CH = PR$, punkt H środkiem wahanìa (centrum oscillationis) w wiészadle składanëm nazywã się, a CH iest tego wahadła długością. Taki srzodek w każdëm wahadle składanëm znajduje się, gdyż zawsze będzie iakie wahadło pojedynczë, którëby w tymże samym czasie najmnieysze wahanìa czyniło, iak i składanë. Jest też i takowë wahadło składanë w którëm punktu N i A mocno złączone nie przypadaia na iednë linię przez punkt zawieszenia prowadzacë; gdyż za podniesiëniëm się iednego takiëgo punktu drugi spada, a zatëm bieg iednego opóźnia się albo przyspiesza przez bieg drugiego.

§. XVII.

§. XVII.

Odyby punktu A i G t. d. były złączone na O , gdzie ich srzodek ciężkości przypada, wahałyby się całym swym ciężarëm; lecz gdy są od siebie oddalone nie mogą się inaczej wahać, tylko tak, że iedno wywierã dzielność swoję na drugie; to iest punkt tym prawie sposobëm działa iak to ciało ciężkie, którëby upadł nie mogło, chyba pociągnawszy za sobą innë ciało spoczywającë, albo wolnëj od niego biegacë. Jako tedy takië ciało powolnëj spada, niż gdyby samo przez się upadało, bo częśc iego ciężaru dzieli się na ciagniënië drugiego ciała, tak też i w wahadle złożonëm punktu A i G od siebie odległë nie mogą się tak wahać, iakby się wahały, gdyby złączone były w srzodku ciężkości O , w którëmy całe na siebie wzajemnie sił nie wywieraly, a zatëm ani by traciły iakie części swego ciężaru. Przeto wahadło złożonë CA powolnëj się waha, niż wahadło pojedynczë CO . Że zaś wahadło pojedynczë PR w tymże samym czasie waha się w którëm składanëm CA , idzie stąd, że PR a tëm samëm i CH iest dłuższë od wahadła CO (§. 14.). Zaczëm srzodek wahanìa zawsze się różni od srzodka ciężkości w wahadle składanëm i bardziëj iest oddalony od punktu zawieszenia C .

§. XVIII.

Jeżeli na linię nie mającëy ciężkości zamiast iednego punktu ciężkiego, zawiesi-

W wahadle złożonëm srzodek wahanìa zawsze niżëj przypada niż srzodek ciężkości.

Wahadło

niezłożone
fizyczne.

my kulę, albo inné ciało, tedy wahadło będzie złożone, ponieważ mieć będzie w sobie wiele punktów ciężkich oddalonych, z których zatem każdy opóźnia bieg drugiego. Zaczém w samém tém cieiele będzie szrodek wahanía, który pod szrodkiem ciężkości iego przypada. (§. 17.) Wszelako iednak iatwo wyrozumiéwamy, że gdy ciało iest małe, odległość między szrodkiem części i szrodkiem wahanía powinna bydz nader mała, dla tego, że wszystkie punkta w swém cieiele nie daleko leżą od powszechnego szrodka ciężkości, a zatem prawie zupełnie taki ruch maia, iak gdyby na iednym mieyscu z niém był: i z téy przyczyny wahadło takowé wahadłem niezłożoném fizyczném; bo chociaż w saméy rzeczy nie iest niezłożoném, iednakże między wahadłami składanémi do wahadła pojedynczego náybliżey przystępuje: składa się zaś z nici bardzo lekkiey i z kulki nie wielkiey, iednorodnéy, gatunkowo bardzo ciężkiey, a długość iego rozciąga się od punktu zawieszenia aż do szrodka kuli. Takowégo wahadła szrodek ciężkości przypada wprawdzie nad szrodkiem ciężkości kuli, to iest między szrodkiem kuli i nici. Lecz że odległość iego od szrodka kuli iest do odległości iego od szredniego punktu nici, iak ciężar kuli do ciężaru nici, ciężar zaś kuli prawie dziesięć tysięcy razy więkzy iest od cięża-

ru nici w wahadłach sekundowych, więc stąd wypada, że szrodek takowégo wahadła całego bardzo mało wyżej będzie, niż szrodek kuli. Że zaś szrodek wahanía nieco iest niżej od szrodka wahadła, więc będzie można bez znacznego uchybienia brać go za szrodek wahanía całego wahadła. Takie tedy niezłożone wahadło fizyczne, obok z wieśzadłem składaném zawiesiwszy, jeżeli ic potrosze skracamy albo podłużamy, póki dokładnie w tymże samym czasie najmnieyszych wahań nie będzie czynilo tak, iak składané i tym podobnie wahadła złożonégo szrodek wahań wynaléże możemy (§. 16.).

§. XIX.

Wahadeł fizycznych wahanía tarciećm około sztyfcików, na których wiszą, i przez opór powietrza ustawicznie co raz bardziéy a bardziéy się zmnieyszają, aż na koniec ze wszystkiém ustają, i wieśzadła do pionowégo położenia na koniec przychodzą. Nad to dla oporu powietrza wielka kula ołowiana powietrzém otoczona dłużey się waha, niż mała (Wstę. X. §. 23.) a między wielą kulami równémi, gdy inné okoliczności są iednakowé, korkowa prędzey przestaje się wahać, niż z kości stoniowéy a ta prędzey, niż ołowiana: bo korek od kości iest rzadszy, ołów zaś od korka i od kości gęstszy (Wstęp X. §. 24.). Ale i wahadło w po-

Kolysania
wahadeł
zmaieysza-
ją się i opó-
źniają
przez tar-
cie i opór
powietrza

wietrzu, że nieiaką część swego ciężaru traci, (Wst. IX. §. 13.) wolniej się waha niżby się wahało na miejscu wolnym od powietrza. Prawda, że bardzo mała jest ta różnica w wieszadłach gatunkowo znacznie ciężkich, przecięż nie trzeba ich zaniedbywać. Z tęg przyczyny pod szklaną bania powietrzociągu, gdy się z niego powietrze wyciągnie, postrzegamy, iż toż samo wahadło prędzej się waha niż w powietrzu, a nie równie powolno y chodzi w wodzie albo w jnych cieczach.

§. XX.

Hugeniusz
przydał
wahadło
do zegara-
rów.

Galileusz był pierwszym, który na początku przeszłego wieku przez pilne uważanie biegu wahadeł, dociękl, że wahadło we czworo dłuższe dwa razy, dziewięć razy dłuższe we troje i t. d, powolniej się waha; a ogólnie, że czasy kołysnień są w stosunku dwudzielnym długości wahadeł, pierwszy także używał go do wymiaru i podziału czasu. Astronomowie używali potém dosyć przez długi czas wahadeł wolnie wiszących i ręką poruszanych, których wahania rachowali. Ale chociaż już Galileusz zamyslał złączyć wieszadło z zegarem i chociaż jego syn Wincenty Galileusz to złączenie w Roku 1649 uczynić usiłował, jednak dopiero sławny Hugeniusz w Roku 1657 tego dokazał, i stał się pierwszym wynalazcą zegaru z wahadłem złączonem

go.

go, którego jeszcze dotąd używamy. I całą naukę o ruchu wahadeł i o srzodku wahanía podług prawdziwych zasad pierwszy okazał, i do niniejszégó doskonałości ją przyprowadził.

§. XXI.

Przez złączenie wahadła z zegarem nie równie wygodniejszém się stało do używania, niż było przedtém. Naprzód bowiem nie trzeba więcej ręką niekiedy poruszać wahadła i jego rachować wahanía, bo zegar wagami idzie i liczbę wahań okazuje, oprócz tego za pomocą samego wahadła krótkie tylko czasu przeciągi rachować, mierzyć i dzielić możemy nie odstępując od wahadła, lecz na zegarach wahałnych najdłuższe czasu przeciągi mogą być mierzone i w naszégó nieprzytomności, bo takowé ciągłym wahadłem tak jest złączoné z zegarem, iż zatrzymawszy ruch wahadła zegar stawa, a zatém bieg przez kołysanie wahadła wymierzają się i iednostajnym czyni. Lecz wzajemnie i wagi zegarowé za pomocą górnégó kotka, wieszadłem władają, przywracając mu to, co przez tarcie i opór powietrza z swégo ruchu traci, tak dalece, że wahanía zawsze są sobie równé byleby tylko zegar był dobrze zrobiony; z czego się pokazuje, że zegary daleko piérwéj przed Hugeniuszem wynalezioné, ale bez wahadeł; Hugeniusz swoim przemysłem doskonalsze

Pożytki
złączenia
wahadła
z zegarem

I 2

szé

sze uczynił, iako też i wahadło, w ten sposób z zegarem złączone iednostaynię się waha, niż samo, które czasem ręką trzeba było popchnąć, żeby w biegu cale nie ustało; gdyż owe wahania raz większe, drugi raz mniejsze, nigdy nie ze wszystkiem są iednostaynie długie; (§. 13.) że zaś i ich prędkość już jest większa, już mniejsza, samo powietrze, to więcej to mniej oporu czyniac, (Wstę. X. §. 25.) ieszcze ić czyni iednostayniejszemi.

§. XXII.

Rzeczona równość szczególnych wahań tak mocno potrzebna w zegarach, przez dwie rzeczy naybardziej się otrzymuje: *naprzód*, jeżeli sam zegar robimy z jak naywiększą dokładnością w ten sposób, iżby we wszystkich jego częściach wielkości i odległości, które równie bydy powinny w samęy rzeczy iak naydokładnię równiemi były: *powtórę* ponieważ tęy iak naydokładniejszy równości między częściami zegaru nawet i naywiększego usiłowania przyłożywszy, zupełnie otrzymać nie możemy, tak wahadło przypawimy do zegaru, iż tylko bardzo nie wielkie wahania czynić będzie. Acz bowiem takie wahania nie koniecznie są równe, wszelako prawie iak naydokładnię w jednakowym czasie dzieią się na miejscu wolnem od powietrza (§. 13.) nad to ieszcze żadnego od powietrza oporu nie po-

noszą

O SRZODKU CIEŻKOSCI

133

noszą dla bardzo małej ich prędkości. Przeto tego sposobu którym Hugeniusz złączył wahadło z kołami zegaru, już więcej teraz nie używamy, ale innego, który w Anglii wynaleziono, przez który kołysania wahań staia się daleko mniejsze, niż ić mógł uczynić Hugeniusz.

§. XXIII.

W zegarach naydokładniejszych, których Astronomowie używaią, iedno wahanie odbywa się w jednę sekundzie, a zatem ma długość 440,5 linii Paryzkich prawie (§. 14.). Składa się pospolicie z pręta żelaznego, który u dołu nosi ciężar figury soczewkowej (*lenticularis*) znaczny z ołowiu potymże przecie posuwać się mogący tak, iż podnoszonym nieco i spuszczanym bydy może. Ze bowiem wahadło zegarowe iest niby dzwignia, na którą z jedney strony wywieraią siłę koła zegarowe, a z drugiey strony ciężar zawieszony ciągnie, więc powiększywszy ten ciężar wahadła, bardziej się opierać będzie zegarowi, a zatem kołysania wahadła mniej odmiennie bydy mogą przez działanię zegaru, które zawsze iest cokolwiek nierówne. Ze zaś ów ciężar w srzodku wypukły w obwodzie iest spłaszczony, przeto powietrze, które się nim przedziela w ruchu mniej mu oporu czyni (Wstę. X. §. 22.). Jeżeli postrzegamy że zegar znacznie się późni, podnosimy nieco rze-

zoną

Opisanie
wahadła
Astrono-
micznego.

Jak waha-
dło przy-
prawie do
zegaru.

czoną soczewkę, wzwyż precika, ażeby za podniesieniem się szrodka ciężkości razem ze szrodkiem kołysania wahadło samo krótszém się stało i biegu przedszego nabyło: przeciwnie zaś opuszczamy soczewkę, gdy zegar bardzo prędko idzie (§. 16.).

§. XXIV.

Że wszystkie ciała ciepło rozszerza a zimno ściska, (Wstę. XIII. 9.) pręt też wahadła rozgrzany będzie nieco dłuższy, a krótszy gdy ostygnie. Przeto też zegary choć z największą dokładnością zrobione, i z takim wahadłem iakiśmy opisali, w naszych krajach latem, kiedy wahadło dla gorąca się przedłuża w przeciagu 24 godzin, 20 blisko albo 30 sekundami późniéj idzie niż w zimie. Zégarmistrze różnemi sposobami starali się i tę nieiednostayność wahań poprawić, między którymi náyznaczniejszy jest *Graham*, którego bardzo dowcipna silnia *wahadłem kraciastem* zwana, (pendulum craticulatum) ma w sobie różne preciki żelazne i mosiężne w ten sposób połączone, iż soczewka wahadła, gdy się preciki ciepłem podłużają, przez te tylé się podnosi, ile na dół razem opada, a przeto ustawicznie w jednakowéj jest odległości od punktu zawieszenia. Już poznano przez wielé doświadczeń, że zegar dobrze zrobiony, mający wahadło kraciasté, náywięcej dwiema sekundami tylko, we 24 godzinach, późniéj u nas latem

Wahadło
kraciasté.

Fig. 38.

latem idzie niż zimą. Bardzo dobrze zaś doświadczać można zegaru przez bieg gwiazd stałych, gdyż każdy z osobna obrót gwiazdy stałej odprawuie się 23⁸ 56' 4." (Wstęp XII. 15.).

§. XXV.

Żebyśmy zaś ułożenie wahadła kraciastego nie jako zrozumieli, trzeba pamiętać, że przez iednakowy stopień ciepła mosiądz bardziéj się rozszerza niż żelazo w stósunku 12: 19. (Wstęp XIV. 16.). Dámy tedy że pierwszé z pobocznych precików 1 i 1 są żelazne i mają w sobie długości 32 calów Paryzkich, i że pewnym stopniem ciepła podłużają się ilością n. p. 1, a zatem niższy precik poprzeczny (regula) tém podłużeniem opadnie na 1. Drugi precik mosiężny 2 i 2 niech będzie z obu stron o 30 calach Paryzkich, tedy się na dół przez 1 ten precik podłuży; ponieważ do tegoż precika poprzecznego AB iest przybity, póydzie zaś w górę przez $\frac{2}{3}$ razem z precikiem ruchomym CD w końcach precików będącym. Bo podłużenie precika mosiężnego o 32 calach iest blisko $\frac{3}{8}$ podłużenia w preciku równym żelaznym o 32;" że zaś mosiężny precik iest tylko tu 30" calów; zaczęć całe iego podłużenie wynosi $\frac{5}{3} \cdot \frac{30}{32} = \frac{25}{16}$. Że tedy opada na dół częścią $= \frac{16}{16} = 1$, a więc równie w górę się podnosić musi razem z precikiem CD przez $\frac{2}{3}$. Tymże samym sposobem wy-

Wykład
wahadła
kraciasté.
go.

rozu-

rozumieć wamy, że trzeci z obu stron precik żelazny 1 i 1 na 26 calow długi idzie na dół razem z precikiem EF, przez miejsce $\frac{4}{5}$, i że czwarty mosiężny 2 i 2, 24 cale długi, i razem z górnym precikiem GH idzie w górę przez $\frac{16}{5}$, czyli przez 1. Dajmy tedy, że średni precik żelazny na którym osadzona soczewka ma 32 cale stopy Paryżkiéy aż do szrodka wahań, ten precik podłuży się na dół przez 1. Ale, że tenże precik z precikiem GH jest złączony pójdzie razem w górę, będąc od tegoż precika podniesiony także przez 1. Z czego się pokazuje, że szrodek wahań podłużeniem kruszczu tylé zawsze się podnosi, ilé na dół idzie, a zatem nieodmiennie w jednym miejscu zostaje.

§. XXVI.

Zadne wahanie od ciężaru ciała pochodzące zacząć się inaczej nie może, chyba że przystąpi jakie poruszenie zewnątrz, albo rzucenie, którym się szrodek ciężkości ciała podnosi. W tym razie albowiem ciało natychmiast swym ciężarem nazad spada i przyspiesza biegów w spadaniu. Jeżeli zaś bieg jego jest taki, którymby z samego dołu mogło pójść w górę z prędkością w spadaniu nabytą, tedy rzeczą samą idzie w górę i ustępując ustawicznie bieg opóźnia. Zaczém straciwszy, na koniec prędkość własną, znowu opada, i tym sposobem bez przestanku waha

Kolysania
ogólne
własności.

ha się. Przeciwnie zaś ciało, które się obraca około szrodka swéy ciężkości iakby około punktu nieruchomego bynajmniéj się nie waha; gdyż ruch takiego obrótu nie może byđż ani przyspieszony ciężkością ani opóźniony: bo szrodek ciężkości z miejsca się nie porusza. Zaczém takowé ciało nie może byđż miané za wahadło mogąc się kolysać.

§. XXVII.

Dzwon razem z sercem waha się gdy wéń dzwonią: bo i dzwonu i serca szrodek ciężkości siłą zewnętrzną pędzi się w górę, i potem na przemiany to na dół, to w górę idzie. Gdy tedy oba ciała w jednym czasie wahaia się, serce przy bokach dzwonu niby się zatrzymuje i w dzwon nie uderza, lecz gdy wéń bié, w innym czasie osobné wahanie odbywa, a przeto iakby wahadło składane odmienną ma długość niż dzwon (§. 16.). Tymże sposobem i okręt na morzu się waha, gdy fala nań z boku bié, i szrodek jego ciężkości do góry wznosi. W samych wodach bywają wahania: gdyż mocą wiatru wznosi się wał wodny, i szrodek jego ciężkości do pewney idzie w górę wysokości. Stamtąd zaś własnym ciężarem opada z prędkością w spadaniu nabytą znowu się podnosi, i tym sposobem wały wodné po wierzchu wody idź nie przestają, na przemiany podnosząc się i opadając.

Różne
przykłady
ruchu wa-
halnego.



X I E G A III.

*o dalszych przyczynach ruchu
nie zawistych od ciężkości.*

R O Z D Z I A Ł I.

o wahanii ciał sprężystych.

§. I.

Poznawszy już iakokolwiek ruch pochodzący od siły ciężkości, zastanówmy się teraz nad ruchem nie już od ciężkości, ale od innych iakich sił pochodzić mogącym tak n. p. od sprężystości. Siła ta, iak wiemy, (Wstęp X. 1. 2. 3. 4. 5.) znajdując się w rozmaitych ciałach, znajduje się też i w stronach muzycznych bądź z kiszek zwierzęcych, bądź z jedwabiu, bądź z jakiego kruszczu zrobionych. Strony takowe, gdy naciągamy, przedłużają się i razem dla sprężystości swojej usilują skurczyć się, a to jeszcze z tém większą siłą, im mocniej są naciągane. Skoro się więc strona siłą iaką zewnętrzną wypreżą i nie powraca do dawnego stanu, lecz zostaje w równowadze, w takowym razie, siła iey sprężystości, wyrównywać musi siłę zewnętrzną onę naciągającą; gdyż dwie siły wprost przeciwnie na się działając, nie mogłyby się zniżyć, nie będąc równymi. Skąd się wnosi, że łatwo znaleźć

Ciezar wyrównujący siłę sprężystości tej strony.

Fig. 39.

leżć można ciężar, któryby w każdym przypadku wyrównywał siłę sprężystości daney strony, a przeto też siłę sprężystości można odnosić do ciężkości. Niech więc AB wyraża stronę poziomą założoną na dwóch kółkach niewzruszonych A i B, (gdzie przypuszczamy, że najmnieyszego tarcia nie masz) zawieśmy na nię dwa ciężary równe P i Q; naciągana więc będzie też strona siłą czyli ciężarem $P + Q = 2P$, a tak tedy siła iey sprężystości będzie w tym razie $= 2P$.

§ II.

Dla należytego wyrozumienia ruchu w rzeczonej stronie od iey sprężystości pochodzącego, przypuśćmy, że też strona AB jest pojedynczą (simplex) to iest, że jest giętką linią bezciężką, której cała miąższość znajduje się zebrana w szrednim iey punkcie; dajmy jeszcze, że tenże punkt szredni siłą iaką zewnętrzną, albo się zniża do E albo się podnosi do D, w takowym więc zdarzeniu, znajdując on się na E ciągniony będzie od ciężarów P i Q w kierunkach EB, EA, znajdując się zaś na D, też ciężary ciągnąć go będą w kierunkach DB, AD. Położmy, że linia $CD = CE$, linie DB i AE, iako też i linie AD i EB będą równoodległe i równe; że zaś i ciężary P, Q są także równe, mogą się więc wyrazić przez linie AD, DB, albo przez linie AE, EB. Zaczem siła

Siła sprężystości na dół albo w górę nagięta punkt szredni strony pojedynczej:

złożo-

złożoną w obydwóch przypadkach będzie $= DE$ (XIę. II Rozd. I. §. 14.) i ta to siła punkt średni strony naglony będzie w górę, albo na dół: ma się więc też siła złożona do ciężaru P , iak $DE : EB$. Gdy więc linia ED jest znacznie mała względem strony AB , (iak powszechnie uważa się w ruchach stron) linie EB i CB niemal zupełnie równe są. Zaczem w takowym przypadku można powiedzieć bez znacznego błędu, iż zebrała miąższość w E nagli siła $\frac{P \cdot EC}{BC} + \frac{Q \cdot EC}{AC} = \frac{2P \cdot EC}{BC}$ w kierunku ED , i że na każdym innem miejscu n. p. na F , ténże sam punkt naglony jest w kierunku ED siła $= \frac{2P \cdot FC}{BC}$; przeto że siła w F , jest do siły w $E = FC : EC$.

§. III.

Jeżeli więc średni punkt strony AB pewną siłą zewnętrzną zniża się na E , skoro ta siła działać przestanie, punkt w górę idzie przez linię EC , a idzie siła sprężystości taką, która na którymkolwiek miejscu n. p. na F , jest w stosunku miejsca FC przebieżonego iak w tym razie FC , jest więc ona nie iednostayna, gdyż od samego dołu ustawicznie się zmniejsza, a w reszcie na C zupełnie ginie. Ta więc siła bieg punktu po linii EC ustawicznie przyspiesza, tak dalece, że prędkość jego na C jest naywiększa. Z tą zaś prędkością

ścią nabytą punkt nad C wstępuje ku D , a że i na owym miejscu taka siła znowu go pędzi do C , która zawsze jest w stosunku miejsca przebieżonego nad C i która tén samém ustawicznie się pomnóża, przeto bieg punktu przez tę siłę inż się opóźnia ustawicznie, a w reszcie nad D cale ustaie; inż znowu z tą samą siłą zstępuje ku E , a potem wstępuje ku D , zaczem średni punkt strony waha się biegiem kolejnym raz przyspieszonym, drugi raz opóźnionym i wahałby się bez przestanku, gdyby drganie stron muzycznych, i przez tarcie w miejscach A i B i przez opór powietrza ustawicznie się nie zmniejszało. Podobnym sposobem wyklada się wahanie strony, gdy iż w początku siła zewnętrzna nagli ku D .

§. IV.

Niech będzie miąższość strony poiedynczły zebrała w średnim punkcie téżże strony $= p$, a siła iey sprężystości $= 2P$, nad to niech połowa strony BC ma taki stosunek do wahadła poiedynczego ON mającego na końcu N ciężar p , iak $2P : p$. Podnieśmy stronę i wahadło tak, żeby linia QL prostopadła do ON była $= CE$, a będzie siła, która porusza wahadło na $L = \frac{p \cdot QL}{ON}$ (XIę. II. Rozd. IV. §. 6.) siła zaś, przez którą się strona porusza na

E =

Wahania
stron poie-
dynczych
są równo-
czesne.

Fig 40141

Strona na-
teżoną wa-
hą się, be-
dąc uderzo-
ną.

$F = \frac{2P \cdot EC}{BC}$ (§. 2.) a zatem te siły są sobie równe, bo $QL = CE$, i $BC : ON = 2P : p$. Niech znowu będzie siła w wahadle na $M = p \cdot \frac{PM}{ON}$ siła zaś w stronie na

$F = \frac{2P \cdot CF}{BC}$ a zatem poślednia znowu ro-

wna się pierwszemu sile, bo $CF = PM$. Jeżeli tedy wahania są bardzo małe, niemal zupełnie będzie $ML = FE$ i średni punkt strony i najniższy wahadła iednakową miąższość mające na miejscach równie od E i L odległych, równemi siłami są nagłone. Zaczem średni punkt strony w ten sposób rusza się, iak gdyby ciężarém własnym po łuku LMN zstępował. Prawda, że rzeczonego punktu drogą jest linia prosta, lecz że punkt po łuku koła zstępuiący, nie cale nie traci z biegu swego choć się ustawicznie odmiénia iego kierunku (Xię. II. Rozd. IV. §. 3.) a przeto bieg jest tenże sam, czyli to punkt po linii prosty idzie a siła go nagłaca ustawicznie iednakowy ma kierunek, czyli po linii krzywéy, a siła zawsze ma kierunek iey styczney. Zaczem i strona BA w tymże samym czasie raz się waha, w którym i wahadło ON . A że wahania wahadeł nader małe są równoczesne (Xię. II. Rozd. IV. 13.) więc i wahania stron bardzo małe są także równoczesne.

§. V.

§. V.

Niech będzie długość strony pojedynczej $BA = L$, wahadła także pojedynczego długość $ON = l$, będzie $\frac{1}{2} L : l = 2P : p$ (§. 4.) zatem $l = \frac{pL}{4P}$. A że czas wahan

wahadłowego jest $\sqrt{l}$ (Xię. II. Rozd. IV 14) to jest: iak $\sqrt{\frac{pL}{4P}}$ idzie stąd, że strony tém

powolniey wahaia się, im są cięższe czyli grubsze i dłuższe, tudzież im słabiej są naciągnione. Prawda, że strony muzyczne używane do instrumentów są składane a nie pojedyncze, a zatem nie wahaia się raz w tym czasie, w którym strony pojedyncze iednako długie i iednako nateżone wahaia się, iednakże byleby tylko wszędzie iednostaynie były grube, czasy iednego wahanía także są w stosunku dwudzielnym to jest w prostym ich ciężarów czyli miąższości i długości, a odwrotnym sił naciąganych, oraz wszystkie drgania bardzo małe, są równoczesne.

§. VI.

Wszakże trzeba mieć wzgląd i na grubość stron muzycznych. Gdy bowiem stronę ciagniemy do góry albo na dół, ta w saméy rzeczy staie się dłuższą, a zatem mniejszy grubości nabywa, tak dalece, że iey czastki dla dziurek próżnych różney wielkości rozmaicie od siebie odległe,

(Wstęp

Czas iednego wahanía strony zależy od iey ciężaru długości i siły ię naciągającej

Dwoitki ruch w ciastach dźwięk lub brzmienie wydających.

(Wstęp XV. 9.) schodzą się zwłaszcza gdy ją uderzamy ciałem twardym, albo sprężystym. Zaczem rzeczony cząstki namięnionym sposobem ściśnione odskakuia i na około się rozchodzą. Ze zaś tén zbieg cząstek i uderzenie się wzajemne, tyle się razy powtarza, ile razy strona odbywa wahania, albo ię zaczyna; przeto cząstki w stronie bez przestanku kolejno, to przystępuia, to odstepuia od siebie, to iest drgaia, kiedy więc strona i owszém każde inne ciało-brzmiénie lub dźwięk wydaie, dwa w niém ruchy znajduia się to iest drganie całkowite, które mnięcy lub więcęcy odmiénia kształt ciała, i iest prawdziwie tén, co nazywamy wahaniami, i drganie cząstkowe, które zdaie się bydz prawdziwą przyczyną dźwięku; gdyż po-ciągawszy po stronach skrzypców smyczkiem łolem nasmarowanym, strony te wahaia się tylko, a przeto odmiéniaia kształt swój, ale nie wydaia żadnego głosu: przeciwnie zaś smyczek natarty ży-wicą twardą ciągnąc po stronach, téż strony brzmią.

§. VII.

Nie tylko strony, ale inné ciała sprężyste drgaia i dźwięk wydaia. I tak ta-fla kruszczowa albo szklanná, czyli ogólnie mówiac blacha twardá i sprężystá drga czyli iednym tylko końcem iest utkwiona czyli obudwoma czyli na nici wisi.

Niech

Blachy
sprężyste
wahaia się.

Niech będzie n.p. takowá blacha prosta CD utkwiona w murze AB, gdy ją uderzeniem nagniemy do CE, nie tylko powróci sprężystością swoją do dawnego kształtu, i do prostego położenia CD (Wstęp X. 3.) ale nadto przychodzac na CD, a mając tam nabytą pewną prędkość, musi postąpić do CF, stamtąd zaś siła sprężystości znowu ją odciağa, i tak naksztalt strony waha się, o czém nas doświadczénie przekonywa. Zawiesiwszy zaś blachę AB, na nici AC, gdy ją uderzamy w miejscu n.p. D w ténże miejscu nakrzywia się w kształt AEB, który kształt potem natychmiast odmiénia a zatem wahać się musi, z przyczyny sprężystości swojej. Wreszcie blachy sprężyste maia także owo drganie wewnątrz, gdy się wahaia, przez które cząstki ich kolejno do siebie to przystępuia, to odstepuia, owszém to drganie w nich iest znacznieysze niż w stronach.

tak tak
strony.

Fig. 42.

Fig. 43.

§. VIII.

Niech będzie obęcz ADDB twardá i sprężystá, której szrodek iest C, szrednica zaś DE do drugiey szrednicy AB prostopadła. Rzeczona obęcz w jakikolwiek sposób zawiesiwszy, gdy ją wewnątrz na A uderzamy, w owém miejscu na kształt blachy prostey sprężystey zawieszoney, naybardziej się wygina, a zatem z okragłey odmiénia się w podługowatą od A do B.

Jak drgaia
dzwony
i inne cia-
ła podobne

Fig. 44.

K

Za-

Zaczém sprężystością swoją potém nie tylko do dawného kształtu powraca, ale punkta A i B, bliższy ieszcze niż zrazu do siebie przystępuia, tak dalece, że obręcz znowu się robi podługowatą, ale ku stronie DE: zaczém odległości AB i DE na przemiany iuż się powiększają, iuż zmniejszają, i tym to sposobém obręcz drga, z czego się okazuje iakim sposobém dzwony naczynię szklanné, i inne tym podobné ciała, które niby z wielu obręczy iedne na drugie włożonych składają się, dzwięk czynią gdy w nie uderzamy.

§. IX.

Wysokość
tonów za-
wista od
liczby
drgań czy-
li wahań
w pewnym
czasie od-
bywają-
cych się.

Gdy się w stronie zmniejsza albo długość albo grubość, albo gdy ją większą siłą nateżamy, też strona zawsze daie ton ostrzeyszy niż pierwéy dawała, z czego się pokazuje, że tém wyższy jest ton, im strona prędzay drga, a tém niższy, im powolniéy drga (§. 5.). Zaczém wysokość każdego tonu zawista od liczby drgań w pewnym czasie sprawionych, tak dalece, iż gdy wzruszenia powietrza od ciała brzmiącego sprawione aż do uszu naszych dochodzą, my z saméy równości przeciągów czasu, w których owé wzruszenia iedné po drugich następują ton a nie dzwięk słyszymy (Wstęp X. 28.). Przeto gdy dwie strony brzmiać razém różné wydają tony, możná będzie wynaléźć stósunek między temiż tonami, to iest, stósunek mię-

między liczbą drgań czyli wahań, które obydwie strony w pewnym czasie odbywają. Na tén koniec używá się *narzędzie iednostronné* (instrumentum monochordum) na którym strona iednostaynéy grubości zawsze równą siłą nateża się, ale raz ją przedłużając, drugi raz skracając. Jakoż liczba wahań w pewnym czasie od strony

odbytych iest iak $\sqrt{\frac{4P}{p \cdot L}}$; (§) wziąwszy

więc P za ilość stateczną, p zaś w stósunku długości L, rzeczona liczba wahań bę-

dzie iak $\sqrt{\frac{1}{LL}}$ czyli iak $\frac{1}{L}$. Strona więc

we dwoie dłuższa dwa razy, we troie dłuższa, trzy razy i t. d. powolniéy drgać będzie, gdy inne okoliczności są iednakié. Podobnież inne przypuszczenia czyniąc nad ilościami P, p, L różné wyciągniemy wnioski względem liczby drgań strona w różnych okolicznościach. Ton więc każdy má swoje okréślenie, i dla tego żadného zgoła tonu nie słyszymy, gdy strona albo zbyt prędko, albo nadto powoli drga-
nia swoje odbywa.

§. X.

Ton, do którego inné odnosimy nazywa się *tonem głównym* (tonus principalis). Jeżeli dwie strony w równym czasie robią liczbę drgań w stósunku 1:2 tony ich na-

K 2

zy-

Względ-
ność to-
nów.

zywamy *osómkami* (octava) jest więc pierwszy względem drugiego osómką niższą, a drugi względem pierwszego osómką wyższą. Ton, który co do liczby drgań jest względem drugiego iak 2:3 nazywa się *piątką większą* (quinta major) tego ostatniego; kiedy zaś iak 4:5 *trójką większą* (tertia major); kiedy 5:6 *trójką mniejszą*; kiedy 3:4 *czwórką większą* (quarta major), kiedy 5:8 *szóstką mniejszą* (sexta minor) i t. d. I te to tony nazywają się *czystymi* czyli *całkowitymi*: są inne nieczyste, czyli *umiarkowane* (interval impura vel temperata) które albo nie dochodzą całkowitych, albo je przewyższają, i te w brzmieniu zdają się prawie nie docho-
 dzić od całkowitych. I tak piątka większa względem swego głównego tonu nie jest zupełnie w stosunku 2:3, ale 2: $\sqrt[4]{80}$ czyli 2:2,9906; chociaż zaś wszystkie prawie tony wyjąwszy osómkę na zwyczajnych narzędziach muzycznych nie są ze wszystkiemi całkowite, wszelako uszom naszym są przyjemne. Skąd wnieść musimy, że przyjemność niektórych tonów muzycznych razem słyszanych nie pochodzi od prostoty ich stosunków czyli całkowitości (*).

§. XI.

(*) Dla dokładniejszego rozpatrzenia się i obia-
 śnienia w tej materji może Nauczyciel, gdy
 znajdzie sposobność, udać się do książki iakiej
 o Mu.

§. XI.

Strony nazywają się zgodnemi (Chordæ harmonicae) gdy tony od nich wydane są w stosunku 1:1, albo 1:2 albo 1:3 albo 1:4 albo 1:5, albo 1:6 i t. d. Doświadczenie zaś pokazało, że takie strony, gdy są blisko siebie, poruszywszy jedną, która w tym razie będzie główną i inne natychmiast drgać zaczynają: drugie zaś strony z pierwszemi niezgodne nie się nie wruszają, choć są bliższemi strony główny. I to jeszcze strony wyższego tonu wahaia się tylko, gdy główną stronę poruszamy, lecz strony niższego tonu tak się poruszają, iakby ie na części równe przedzielały iakie punkta nieruchome albo węzły, z których części każda z osobna w takowymże czasie drga, w jakim i główna strona. Ton wyższy, który się ma do tonu głównego iak 2:1, jest osómką pierwszą, ten który, iak 4:1, osómką drugą, ten który iak 3:1 albo iak $3 \times 2:2 \times 1$ osómką piątki większą, a który jest, iak 5:1 = $5 \times 4:4 \times 1$ zowie się osómką drugą trójki większą tonu głównego (§. 10.). Podobnymże sposobem ton niższy, który się ma do tonu głównego iak 1:3 = $1 \times 4:4 \times 3$, jest osómką drugą czwór-

Strony
zgodne.

o Muzyce n. p. Pana Dallemberta lub Rousseau, albowi też do znającego dokładnie muzykę, z Uczniami zaś niechaj się obszerniej w tej materji nie rozwódzi, ale niech tylko ogólny im tego obraz wystawi.

czwórki mniejszy, ten który, jak $1:5 = 1 \times 8:8 \times 5$, jest osómką trzecią szóstki mniejszy tonu głównego (§. 10.). Nau-
czą zaś doświadczenie, że coraz z tonem
iedno brzącym i osómkami tonu główne-
go słyszeć się dają osómkę wyższé piatki
i tróyki większy, iako téż i osómkę niższé
czwartki i szóstki mniejszy, i wraz ustaia
z tonem głównym. Wszakże tony te różne
razem słyszané pospolicie słabé są.

§. XII.

Jeszcze Galileusz doświadczył, że i
znacznie ciężkie wahadło lekkim dmu-
chaniem widocznie poruszane byđz może,
ieżeli to dmuchanie zawsze się dzieie
w równych czasie przeciągach, w tak
wielkich, iakich wahadło potrzebuie do od-
bicia iednego wahanía całkowitégo. Lecz
ieżeli rzeczóné przeciągi czasu większe
są albo mniejsze, wtedy dmuchaniem
wahadło znacznie się nie porusza. Stąd
się okazuje, że gdy strona główna za ka-
żdém wahaním pędzi powietrze na bliz-
kie strony, tedy strony téż podobnym
sposobém iak wahadło owém bardzo ma-
łym powietrza uderzaniem znacznie się
poruszają a to wtedy, kiedy téż uderza-
nia powtarzane są zawsze zgodné z ruchém
stron: przeciwnie zaś dzieie się, gdy ude-
rzania takowe są przeciwné i niezgodné
z drganiami ich. Toż samo się prawdzi
i na innych ciałach sprężystych; i tak na-
czy-

Wykład
brzmienia
stron zgo-
dnych.

czynią szklanné częstokroć znaczny dźwięk
wydawaia, będąc zbliżóné do ciał brzmia-
cych, owszém niekiedy kruszą się od tego.

§. XIII.

Wystawmy sobie w myśli, że iaki
dzwon iest podzielony na obręcze bardzo
cienkie i od podstawy równo odległe, i że
żadného między temi obręczami nie ma
spoięcia, a iawną iest rzecz, że każda
z takowych obręczy iest na kształt strony
napiętę, i ton iey zawisł od szerokości
i grubości, tak właśnie iako i ton zależy
od iey długości i grubości (§.). Zaczém
gdy wszystkie obręcze, takimi są w swo-
ięj wielkości, iż w równym czasie swoje
wahanie osobné odbywają, poruszywszy
razém wszystkie w jednakowy sposób
wszystkie także iednakowo ściagać się i
rozciągać razém będą i w jednymże czasie
wszystkie oraz iednakowy ton wydadzą.
Gdy więc wszystkie obręcze w ten sposób
drgać mogą nawet w tén czas, gdy są spo-
ioné z sobą, iawną iest rzecz, iż dzwon
cały w tén czas nawet gdy iego części są
złożóné tymże sposobém brzmi i ténże
ton wydaie, który pojedynczé iego obręcz-
ki wydaia każda z osobna, lecz daleko
mocniejszy. Ta rzecz potwierdza się
nawet przez doświadczenie, gdy ténże
sam ton słyszymy, gdyw dzwón szklanny i
kim pręcikiem mocno uderzamy, bądź lek-
ko igłą tylko po nim drapniemy. Gdy bo-
wiém

Części
dzwona
dźwięk wy-
dającego,
są iakoby
strony zgo-
dne.

wiem podzwonie igłą drapiemy, niektóre tylko obręcze iego bardzo mało wzruszają się, lecz gdy go mocno uderzamy w jakie miejsce, uderzanie w krótkim czasie roztodzi się po całym dzwonię, i każda z osobna obręczka dla spoięnia swojego z innymi, tak się wzajemnie poruszają, iak strony sobie blizkie brzmią przez poruszenie pośredniego między sobą powietrza (12.). Zaczem jeżeli obręcze zgodne drganie drugich powiększają, słyszymy ton mocny często z innymi tonami zgodnemi pomieszany i cały dzwon za ustaniem bicia przez nieiaki czas znaczny drgać i brzmieć nie przestaje. Lecz jeżeli mało jest zgodnych z sobą obręczy, uderzywszy w dzwon, wychodzi tylko dźwięk z wielu tonów słabych, bardzo różnych między sobą złożony i ruch iednocy obręczy ruchem drugiey przytłumią się, tak dalece, że gdy uderzenie przestaje, i dźwięk natychmiast razem ginie, co się zdarza w tym razie, gdy dzwon jest spękany w jakim miejscu, a zatem ma wiele obręczy rozerwanych; gdyż obręcz rozerwana, ani iednakowym sposobem ani w takim czasie nie może się wahać, w którym obręcz nie zepsuta swoje drganie odbywa.

§. XIV.

Podobnież się dzieje i z innymi ciałami. Które ciała tęgimi, które znacznie są sprężyste; gdyż ich cząstki są nakształt stron napiętych,

tych, w których na tén czas tylko postrzegamy znaczną sprężystość, gdy są nateżone. Zaczem téż wszystkie ciała takie uderzone, albo ton daią albo dźwięk, i wysokość tonu w nich zawisła od grubości ich i długości. Ogólnie zaś mówiąc ciała albo zbyt długie lub nad to grube, albo nad to szczupłe lub krótkie, uderzone nie daią tonu, bo albo bardzo powoli całe drgaia, albo bardzo prędko (9.). Lecz jeżeli przyzwolitą mają grubość i długość, a taki kształt, że się wiele części w nich znajduje z sobą zgodnych, daią ton; że zaś nie może to być, ażeby zgola wszystkie ich części, w tymże samym czasie razem drgały, ton, który wydaia pospolicie zmieszany jest z różnemi stronami zgodnemi, a dosyć wydatnemi. Jaki bywa ton dzwonów iako téż graniastosłupów stalowych przydłuższych na nici zawieszanych. We wszystkich ciałach przygrubszych znajdują się cząstki niezgodne z sobą, lecz jeżeli ich liczba względem części zgodnych jest bardzo mała, w takim razie ani dźwięk od nich wydany do uszu naszych dochodzi, ani ich ruchem drgania części zgodnych znacznie osłabione być mogą.

§. XV.

Wszelkie drzewo składa się z włókien różną grubość i sprężystość mających, Drzewo które są spoione inną materią, ani tak sprę-

zdadne jest
do powiek-
szania
dźwięków

sprężystą ani tak tęga jak są same włókna. Zaczem gdy te włókna lubo razem drgają wcale w przeciągach czasu bardzo różnych, przeto drzewo za uderzeniem w nie, nie wydaie tonu ale tylko dźwięk, który iednak do natężenia tonów pospolicie bardzo jest zdalny. Jeżeli bowiem dosyć nie wielka ma w sobie grubość, wszystkieiego włókna, w nieiaki sposób drgać mogą, i za uderzeniem od powietrza wzruszać się tym sposobem, w którym się wzruszają strony brzmieniem tonu głównego (11.). Ze zaś włókna bardzo różną mają sprężystość i grubość, każdy ton blizki bądź jest wyższy bądź niższy, znajduje dla siebie niektóre włókna zgodne w drzewie, których wzruszeniem natęża się. Z tćy przyczyny w narzędziach muzycznych pod strunami prawie zawsze znajduje się drzewo cienkie, wydrążone, przez które tony stron niewymównie się powiększają.

§. XVI.

Różnica
między
głosami ie-
dnakowey
wysokości
w różnych
miejscach i

Każdy ton iakikolwiek poiedynczym się wydaiający z wielu tonów jest złożony. Albowiem nie tylko owe części same ciała brzmiaćcego, od których ton pochodzi odmiennie wysokie dają tony (§. 15.) ale nad to i innych części bardzo wiele, owszem inne ciała blizkie na około, ponieważ niemal wszystkie są sprężyste, wstrząsają się pospolu i własne dźwięki w ró-

ranze
dźwięk.

w różney wysokości dają, które to dźwięki wszystkie z dźwiękiem głównym w uchu naszym zupełnie zmieszane, gdy są względem niego bardzo słabe, od tegoż tonu głównego rozeznanie bydz nie mogą, ale nadaia mu iakowas własność, której słowami wyrazić nie można. I tak do brze rozeznamy tony równie wysokie, które różne narzędzia muzyczne wydaia, owszem i głosy różnych ludzi iednakowo podniesione albo zniżone; ponieważ pomięszanie to różnych dźwięków pierwiastkowych w każdym głównym dźwięku słyszany, koniecznie nieoddzielne od narzędzia muzycznego, oraz i głosu człowieka, inne jest w jednym a inne w drugim.

§. XVII.

Strona gdy brzmi, bardzo prędko drga, gdyż tak zwolna drgaiać, iżby iey drgania pod widzenie podpadać mogły żadnego dźwięku nie wydaie. Nie tylko zaś strona w prost leżaca drga, ale i w koło stoczona. Tak blacha stalowa cienka kształtu węzokrętego, iednym końcem utkwiona, jeżeli iey drugi koniec siłą zewnetrzną ciągniemy, za ustaniem siły ciągnącej, drgać zaczyna. Ze bowiem siła zewnetrzną iey zakręty sciąga, sprężystość natychmiast wywierac się zaczyna, i przywodząc blachę do dawnego kształtu (Wstęp X. 3.) za ustaniem siły zewnetrznęj też zakręty

Drótek w.
żokręty dla
czego się
znajduie
pod wago-
ruchem
w zegar-
kach kie-
szonko-
wych czy-
li spręży-
na.

zno-

znowu rozprzestrzenia. Ale zakręty zabawiające się prędkością nabytą dalej za swe położenie pierwsze wychodzące, taż sama siła sprężystości znowu ściągają, i tym to sposobem blacha kołysze się ścisnaniem i rozszczęzaniem koleynem swoich zakrętów. Ze zaś drgania blachy są bardzo podobne do wahań w stronach, a zatem i w równym czasie każde z nich dzieje się, jeżeli są bardzo małe, przeto można ich użyć do umiarkowania ruchu w zegarkach kieszonkowych, w których dla tego do osi wogoruchu, jeden koniec drótu stalowego węzokrętego jest przyprowadzony, drugi zaś do skazówki pod wogoruchem będący. Gdy bowiem wogoruch raz przed się, drugi raz wstecz idzie, ściągają też albo rozszczęzają koleyno zakręty drótu, ale wzajemnie przez moc drótu wogoruch raz wprost pociągnięty, drugi raz wstecz cofany bywa. Gdy tedy drót swego ruchu odbywać nie może, tylko w przeciągach czasu równych, więc do iednostaynego biegu zegarkowi poma. Hugeniusz był pierwszy, co tym sposobem zegarki kieszonkowe poprawił. Jemu także winniśmy wynalazek zegarów wahalnych w Astronomii bardzo użytecznych.

§ XVIII.

Im bardzięj ścisną się kółka rzeczono Zégary ze nego dróta stalowego, tém bardzięj posprężyną większa się jego sprężystość; z tęp przycz-

czyny skazówka, do której iak mówiliśmy jeden koniec drótu jest przyprowadzony, w tén sposób jest ruchoma, że drót, gdy skazówka w jedną stronę porusza się, bywa ściśnioną, a tęp samém spiesznicię się waha, gdy zaś w drugą stronę skazówka idzie drót się opuszcza i powolnie wahańia swoje odbywa. I tym to sposobem bieg zegarka, gdy jest powolniejszy albo prędszy niż potrzeba, może bydz poprawiony. Ale ogólnie mówiąc tén stalowy drót węzokręty nie z taką mocą w obrót kółek zegarkowych wpływa, z jaką wahadło: bo gdy zatamujemy ruch wahadła, zegar natychmiast idź przestaje; lecz w zegarku kieszonkowym wogoruch zatrzymawszy palcem, skoro palec odejmiemy zegarek natychmiast idź zaczyna. Przeto bieg zegaru bez wahadła, nigdy nie jest tak iednostayny iak z wahadłem. Poprawił wprowadzić przed kilką laty Zegarmistrz Angielski Harisson zegary nie mające wahadła, iednakowoż zdaie się iż ich nie doprowadził ieszcze do tego stopnia doskonałości, na którym są zegary wahalne.

nie tak idą
iednostay
nie iak zé-
gary wa-
halne.

R O Z D Z I A Ł II.

o uderzaniu się ciał.

§ I.

Miedzy przyczynam, od których albo nowe biegi pochodzą, albo iuż będące od-

Kiedy dwa

ciała uderzają o siebie.

Fig. 45.

mięciaią się, uderzanie się ciał policzyć trzeba, uważać tu zaś będziemy samo tylko ciał o siebie uderzanie, bez względu na tarcie, na opór powietrza, na sprężystość, na ciężkość i wszelką inną przyczynę zewnętrzną. Zaczem ciało A, które bieży kierunkiem AD, a nie podlega działaniu żadnej siły zewnętrznej, nie odmięni ani prędkości swojej, ani kierunku, ale biędz będzie iednostaynie dla swęj bezwładności linią prostą (Xię. I. Roz. II. 2.) ; i chociażby też ciało A stykało się z inném ciałem B, przez to nie poniesie żadnej odmiany w swym biegu byleby ciało B w jednakim z niem kierunku, równą albo większą ieszcze prędkością bięgło. Lecz ieżeli prędkość ciała B kierunku AD, albo mnieysza jest niż prędkość ciała A, albo całę żadną ; ciało A, skoro się zetknie z ciałem B, żadną miarą dalęj biędz nie może bez odmiany swego biegu, bo każde ciało jest nieprzenikliwe (Wstęp XV. 10.) a tak dzieie się iż uderzenie i bieg ciała A odmianie podpadać będzie przez uderzenie się o ciało B.

§ II.

Przez uderzanie się dwóch ciał, bieg ich odmianie podpaśdz może wtedy, kiedy iedno ciało względem drugiego jest przyczyną zewnętrzną biegu. Summę zaś biegow obu ciał ku stronie AD otrzymamy, gdy bieg ciała A dodamy do biegu ciała

ciała B (Xię. I. Roz. I. 2.) i ten to bieg ani przez ciało A, ani przez ciało B w szczególności, lecz tylko przez się zewnętrzną odmienionym bydz może (Xię. I. Roz. III. 2.) Zaczem ponieważ wszelką przyczynę takową za oddaloną mieć chcieliśmy, iawną jest rzecz, iż ta summa przez uderzenie się ciał A i B bynáymięcy się nie odmięni, ale też sama zostae po uderzeniu, którą i przed uderzaniem była. Zaczem bieg w stronę AD, który przez uderzenie w cieło A ginie, cały w ciało B przechodzi, a zatem i tego ciała stan przez ciało A, iako przez przyczynę zewnętrzną odmięni się. Zaczem we wszelkiem uderzaniu działanię ciała uderzającego A wywartę na ciało uderzone B łączy się z odporém ciała uderzonego B wywartym na ciało uderzające A, i ten odpór zawsze jest równy działaniu, bo całe tyleż z biegu w tymże samym czasie uymuje się iednému ciału, ile się dodae drugiemu.

§ III.

W uderzaniu o siebie ciał náybardzięj wzgląd mieć potrzeba na tę ich powierzchnie któręmi się dotykają i trącają. Niech będzie AB powierzchnia iednego ciała w które drugie ciało uderza w punkcie C, kierowaniem DC do AB ukośném tak, żeby kąt DCB był ostry, iawno jest, że to ciało, którego powierzchnia jest AB nie całemu

Uderzanie się wprost i na ukos.

Fig. 46.

temu biegowi DC punktu uderzającego czyni przeszkodę działaniem swoim; gdyż poprowadziwszy linią DB do linii AB prostopadłą, i wykreśliwszy prostokąt DECB, bieg DC można rozdzielić na dwa biegi EC i BC, a zatem te dwa położyć zamiast tamtego (Xię. I. Rozd. I. 10.). A że bieg BC, ponieważ tu żadnego tarcia nie przypuszczamy, całe żadney przeszkodzie nie podlega od powierzchni BA, przeto przez uderzenie odmienny byż nie może. Zaczem tylko bieg EC cierpi przeszkodę, i przez uderzenie się ciało odmianie podpada, gdyż jego kierowanie EC ze wszech stron jednakowo do płaszczyzny nachylone żadney zgoła nie daje przyczyny, dla którejby punkt uderzający, któremu ten jeden bieg służy, raczy w tę niż w inną szedł stronę, tak dalece, iż rzeczywym biegiem na powierzchni AB całe postępować nie może. To samo będzie choćby powierzchnią, w którą uderzamy była krzywa, a płaszczyzna AB stykała się z nią w punkcie uderzenia C. Zaczem powierzchnią płaską, w którą uderzamy albo płaszczyznę, która się dotyka powierzchni obojdwóch ciał uderzających się, w punkcie ich uderzenia się wzajemnego nazwawszy *plaszczyną uderzenia* (planum collisionis) ten tylko w tym razie bieg odmienia się przez uderzenie, który ma kierunek prostopadły do takowey płaszczy-

czy-

ezyzny. Jeżeli zaś kierunek biegu w jednym ciele to jest: albo w uderzającym albo w uderzonym w obu znajduje się do płaszczyzny uderzenia prostopadły, uderzenie takowe nazywa się proste (collisio directa) względem tegoż ciała, jeżeli inaczej ukośne (obliqua); można bowiem toż samo przystosować do ciała uderzającego, cośmy powiedzieli o ciele uderzonym: bo w samy istocie jedno ciało daje odpór drugiemu z taką siłą, z jaką uderzone bywa (2.).

§. IV.

Rozróżnić więc należy w uderzeniu ukośnym bieg ciała uderzającego od biegu uderzenia, to jest, od biegu który się odmienia przez uderzenie (gdyż bieg ciała ukośnie uderzającego rozbiiera się na dwa biegi: jeden uderzania, drugi nie odmieniający się przez toż uderzenie): w uderzeniu zaś prostym bieg ciała uderzającego, jest razem biegiem uderzenia, a zatem i kierunek jego jest kierunkiem tegoż uderzenia, gdyż kierunek biegu uderzenia nie może być co innego, tylko *kierunek samego uderzenia*. Jeżeli kierunek ten przechodzi przez środek ciężkości ciała uderzającego lub uderzonego, (to jest przez ow punkt który środkiem ciężkości staie się, skoro tylko ciało bierzemy za ciężkie) na ten czas uderzenie jest *środkowe* (collisio centralis) względem tegoż ciała; jeżeli zaś inaczej się rzecz ma, toż uderzenie jest *mi-*

Uderzenie
się szrod-
kowe i mi-
moszrod-
kowe.

L

mo

mimoszrodkowe (excentrica). Jeżeli rze-
czony kierunek przechodzi przez szrodek
ciężkości w obydwóch ciałach, uderzenie
tęż obydwóch ciał jest szrodkowe; jeżeli
się inaczej dzieje, uderzenie albo w jed-
nem albo w drugim, albo w obydwóch
mimoszrodkowe. Tak w kulę jednorod-
ną nawet z ukosa, nie można uderzyć
inaczej, jak tylko szrodkowo (centraliter)
w kulę zaś różnorodną chyba mimoszrod-
kowo (excentrice); gdyż linia prosta
do powierzchni linii prosopadła, wszę-
dzie do szrodka kuli zmierza, a zatem i
przez szrodek ciężkości téżże kuli prze-
chodzi, skoro kula jest jednorodną; lecz
pominią szrodek ciężkości w kuli różno-
rodnej, w której szrodek ciężkości nie
tam jest, gdzie szrodek kuli przy-
pada.

§. V.

Jeżeli ciało BEAD biegiem postępnym
na linii BA punktem A wpada na ciało
nieruchome F, tenże punkt A pierwszy
między wszystkimi innemi punktami cia-
ła, bieg swój traci, a zatem w czasie ude-
rzenia brać go należy za punkt nierucho-
my, zaczęm inné punkta wcale wywiierać
na siebie wzajemne siły z pewnem natę-
żeniem, bo razém wszystkie tymże samym
kierunkiem BA z równą prędkością już
względnie bić się nie mogą. Są zaś biegi po-
stępne we wszystkich cząstkach ciała ude-
rzają-

Skutek u-
derzenia
szrodko-
wego.

Fig. 47.

rzeźającego (ponieważ z jednakową prędko-
ścią idą) jak tychże cząstek miąższości (XIę.
I. Rozd. II. 5.) a zatem i te siły, któremi
naprzeciwko sobie wzajemnie działają, i
naprzeciwko ciału F, iako swój początek
bierając, ledynie od rzeczonych biegów są
w tymże samym stosunku. Zaczem téż
siły tak się mają, jak siły ciężkości, które
téż są w stosunku miąższości (XIę. II.
Rozd. II. 1.). Zaczem ciało uderzające
choć w niniejszych badaniach (1.) bie-
rze się za bezciężkie, z tém wszystkiém na
jedno to wypada, iak gdyby ciężyło w kie-
runku BA i było podparté w A. Jeżeli więc
linia prosta AB przechodzi przez szrodek
ciężkości ciała C, to jest: jeżeli uderzenie
jest szrodkowe, całe się ciało zastanowi, i
całkowitą siłą swoją, iakby zebraną w C,
działać będzie na ciało F. Lecz jeżeli O
jest szrodkiem ciężkości ciała, za linią AB
położonym, a zatem jeżeli uderzenie jest
mimoszrodkowe, co do ciała uderzającego,
część jego ADB pójdzie w górę ki-
runkiem AB, druga zaś część AEB na dół opa-
dnie (XIę. II. Rozd. III. 7).

§. VI.

Stąd łatwo przekonać się można, że
przez uderzenie szrodkowe w żadném
ciałe inny bieg powstać nie może tylko
bieg postępný: bo iakokolwiek jest prę-
dność szrodka ciężkości w ciele BDAE
skoro tylko ten szrodek ciężkości przez
L 2 ude-

Przez ude-
rzenia
szrodkowe
inny bieg
powstać

nie może
tylko bieg
postępny.

uderzeniu szrodkowe traci prędkość C, i wszystkie inne tegoż ciała punkta równą tracą prędkość, a zatem bieg stracony w tym razie jest biegiem postępnym. Lecz jeżeli szrodek ciężkości C, ciała BDAE przez uderzenie traci prędkość C w stronę BA: na ten czas w istocie samę nabywa prędkości — C w stronę przeciwną AB.. Zaczem jeżeli szrodek ciężkości jakiego ciała przez uderzenie szrodkowe nabywa prędkości C, i AB jest kierunkiem tego nowego biegu, rzecz jasna, iż przez toż uderzenie i inne punkta w ciele równey prędkości C nabywają ku téż samę stronie, a zatem każdy bieg od uderzenia szrodkowego pochodzący zawsze jest biegiem postępnym. Zaczem wszelkie ciało bądź uderzające, bądź uderzone przez uderzenie szrodkowe, innego biegu nabydź nie może, oprócz biegu postępnego, a zatem jeżeli przed uderzeniem albo spoczywało albo biegło, po uderzeniu téż podobnie albo spoczywa, albo biegiem postępnym uchodzi.

§ VII.

Uderzenie
proste i
szrodko-
we ciała
jednym kie-
runkiem
bieżących.

Dwie kule jednorodne i równe inaczej o siebie uderzać nie mogą, tylko wprost i szrodkowo, byleby obydwa szrodki po jednę linię prostę biegły. Przypuśćmy, że dwie kule jednorodne i jednakowey wielkości bezciężkie w rzeczony sposób po płaszczyźnie geometrycznej jedno-

jednostaynie się toczą bez żadnego tarcia i oporu od powietrza, a potem jedna w drugą uderza. Niech będzie kuli uderzającej miąższość A, prędkość P, kuli uderzoney miąższość B, prędkość Q, a będzie AP + BQ zbiór biegów przed uderzeniem (XIę. I. Rozd. I. 2. Rozd. II. 8.). Ze zaś przez uderzenie prędkość jednego ciała ciągle się zmniejsza, drugiego zaś pomnaża (2.) aż poki każda z nich nie stanie się równą prędkości C; bo wtedy uderzenie ustaje (1.): będzie więc summa biegów po skończonem uderzeniu, które biegi są biegami postępnymi, (6.) = AC + BC. Zaczem AC + BC =

$$AP + BQ (2.) i C = \frac{AP + BQ}{A + B}.$$

Niech się n.p. toczą dwie kule równe jedna prędkością 7, druga prędkością 5, a będzie prędkość spólna C po uderzeniu się

$$= \frac{7 + 5}{2} = 6. \text{ Jeżeli zaś jednę kuli miąższość} = 2, \text{ prędkość} = 7, \text{ drugię zaś miąższość} = 1, \text{ i prędkość} = 1, \text{ będzie prędkość obóm spólna po uderzeniu}$$

$$= \frac{14 + 1}{3} = 5.$$

§ VIII.

Jeżeli Q jest = 0, to jest, jeżeli jedna kula przed uderzeniem spoczywa, prędkość

Uderzenie
kość

się prosté i szrodkowe dwóch ciał z których jedno spoczywa.

kość spólna po uderzeniu jest $= \frac{AP}{A+B}$.

Niech n. p. uderzą kula miąższości 2, z prędkością 5, w kulę spoczywającą której miąższość jest = 3; a będzie prędkość

obu kul po uderzeniu $= \frac{10}{2+3} = 2$. Gdy-

by zaś miąższość kuli uderzonej była nieskończenie wielka (Wstęp XV. 2.), wtedy byłaby prędkość po uderzeniu nieskończenie mała, to jest = 0; gdyż tak się ma ta prędkość do prędkości skończonej P, jak ciało skończony wielkości A do ciała nieskończenie wielkiego A+B. Zaczem miąższość A wszelkiego biegu pozbywa się, gdy uderzą w jakie ciało mocno spoione z ziemią, która jest wielkości nieskończony prawie względem ciał ziemskich. I z tąd to przyczyny takowe ciała wszystkie, *nieruchomemi* się nazywają.

§. IX.

Lecz jeżeli ciało B przed uderzeniem bieży w kierunku wprost przeciwnym z prędkością Q, wtedy summa biegów obu kul przed uderzeniem, podług kierunku biegu ciała A, jest AP - BQ, a zatem

$$C = \frac{AP - BQ}{A+B} \quad (\text{XIę. I. Rozd. I. §. 3.}).$$

Niech będą n. p. ciał miąższości A i B iako też ich prędkości P i Q równe; a wtedy będzie

będzie C = 0; a zatem po uderzeniu oba ciała zostaną w spoczynku. Jeżeli zaś miąższość ciał oznaczona przez 2, z prędkością 8, uderzą w ciało oznaczone przez miąższość 1, które z przeciwny strony bieży prędkością 1, w takim razie będzie

$$C = \frac{16-1}{3} = 5, \text{ to jest: oba ciała po}$$

uderzeniu, w kierunku ciała uderzającego, pójdą z prędkością 5; lecz jeżeli ciało miąższości 1, poruszone prędkością 1, uderzą w ciało miąższości 2 naprzeciwko sobie bieżące z prędkością 8, w tym razie

$$\text{będzie } C = \frac{1-16}{3} = -5, \text{ a zatem oba cia-}$$

ła po uderzeniu pójdą w kierunku ciała uderzonego, i tak ogólnie mówiąc, w takowym przypadku prędkość spólna po uderzeniu jest w tym kierunku, który większemu biegowi przed uderzeniem służył.

§. X.

Wszystkie ciała chociażby najsłabsze uderzywszy się mnię lub więcej ścisną się w części wzajemnego dotknięcia się, tak n. p. kula z sionowey kości spuszczone na tablicę olejem nasmarowaną zostawie płamę w oleju, i to tém większą, im z wyższego miejsca spada; z czego się jawnie pokazuje, iż w rzucony kuli dolna część tém bardzięj się ścisną im kula z większą prędkością w tablicę uderzą. Zaczem

Sila sprężystości sprawuje odmianę w uderzeniu się ciał.

Zaczem w każdym uderzeniu się nie tylko iakaś część siły zawsze ginie, która się obraca na odmienienie kształtu w ciałach, a nie na sprawienie biegu, oraz łatwo widzimy, że te ciała w których siła sprężystości jest znaczna, też siła do dawnego stanu powracaia, a zatem biegi ich odmienniają się. Obaczmy więc jakim sposobem uderzenie się przez siłę sprężystości odmiennia się, i dla tego przypuścimy, że tylko rzeczona siła, razem ściśnięciem części w ciałach o siebie uderzonych znajduje się a inne przyczyny zewnętrzne, których bieg odmienniały, żadne zgola nie wchozą.

§. XI.

Jeżeli więc kulę, którą mniemamy doskonale sprężystą i beczciwą rzucamy na płaszczyznę AB, którą płaszczyznę mniemamy bydz znowu doskonale twardą, a kula w nią prostopadle uderza, iawna jest rzecz, że cały bieg kuli płaszczyzna niszczy, która to płaszczyzna, że wzięta jest za nieruchomą, można ją brać za cząstkę powierzchni drugiey kuli niezmierne wielkiey (8.) i że kula pierwsza przez uderzenie ściśnięciu podlega, tak dalece, iż szrednica DC zmniejsza się i po skończonem uderzeniu jest = GC (10.) Zaczem przez doskonałą sprężystość kuli punkta D i C, po uderzeniu do dawnęj odległości natychmiast powracaia (Wstęp X.

6.)

Kula sprężystą uderzyszy się o płaszczyznę twardą nieruchomą odskakuje.

Fig. 48.

6.) A że punkt C nie może biędz w kierunku CH, bo płaszczyzna wzięta jest za zupełnie twardą; przeto górny punkt kuli zwraca z G na D, a zatem cała kula odskakuje na téż samę linię pionowę CI, po której biegła przed uderzeniem.

§. XII.

Szrodek kuli na początku uderzenia znajduje się n. p. na O, ma całkowitą prędkość swoję to jest taka, iaka miał przedtem: prędkość ta w samem uderzeniu co raz bardziey osłabia się, a to w miarę zbliżania się tegoż szrodka do płaszczyzny AB. Osłabia się zaś siła sprężystości kuli, którą tém większa jest, im bardziey kula ściśka się (Wstęp X. 7) czyli co iedno jest, im bardziey szrodek przybliża się do płaszczyzny uderzonęj: kiedy więc szrodek kuli przyydzie na N, siła sprężystości będzie iak ON, kiedy przeydzie na P, iak OP. Ale jeżeli wtedy kiedy szrodek jest na P, wszystek bieg kuli ustaie, ustać téż musi w tymże momencie i bieg iey szrodka, a zatem siła sprężystości natychmiast go stamtąd cofać pocznie aż do O. Widzimy więc, że w tym razie ruch szrodka kuli wcale tenże sam jest, co i ruch punktu szredniego strony (Rozd. I. 3.) to jest waha się. A tak tedy przyszedłszy nazad do O odzyskuje prędkość, którą miał przed uderzeniem, a tém samym i cała kula z tą samą prędkością odskakuje od płasz-

Kula doskonale sprężystą, z jaką prędkością uderza się o płaszczyznę twardą nieruchomą, z taką odnię odskakuje.

płaszczyzny, z którą o nią się uderzyła. Czasy też wahań kuli zawsze będą równe, gdyż miejsce OP, zawsze jest nader małe, (acz w rzeczy samej większe lub mniejsze jest podług większego lub mniejszego siły uderzenia). Czas więc całkowitego uderzenia zawsze będzie równy w téż samą kulę, bądź ona mocniej, bądź słabiej uderza płaszczyznę AB, to jest bądź więcéj bądź mniej ścisną się na téż płaszczyźnie AB, ponieważ czas ten jedynie zawisł od siły sprężystości kuli.

§. XIII.

Uderzenie
się kul
spręży-
stych ró-
wnomi bie-
gami na-
glonych.

Fig. 49.

Dámy, że dwie kule doskonale sprężyste bieżące prędkościami C i D będącemi w stosunku odwrotnym miąższości kul M i N spotykają się z sobą wprost środkowo w O. a iawna jest rzecz, że punkt O spólny obu ciałom w czasie trwającego uderzania żadnego biegu mieć nie może, gdyż w tym punkcie schodzą się dwa biegi równé i wprost sobie przeciwné MC, i ND (Xię. I. Rozd. I. 4.). Możemy więc wystawić sobie, iakby rzeczony punkt O padał na płaszczyznę AB nieruchomą i doskonale twardą, i że uderzenie z obu stron na téj płaszczyźnie się dzieje. Zaczém obiedwie kule odskoczą po téż samą linię pionową NM, i z tą samą prędkością, z którą przed uderzeniem biegiły (11. i 12.).

§. XIV.

§. XIV.

Lecz, jeżeli jedna kula sprężysta miąższości N spoczywa, druga zaś miąższości M z prędkością C w kierunku EF bieży, i w kulę N środkowo i wprost uderza, możemy myśla wystawić płaszczyznę geometryczną CD, na którejby obie kule położone były, i która by miała bieg postęp-

Uderzenie
się kul
spręży-
stych,
z których
jedna spo-
czywa.

Fig. 50.

ny z prędkością $\frac{MC}{M+N}$ ku téż stronie EF, i biegac unośiła razém z sobą obie kule, i że kula M na téj płaszczyźnie ma jeszcze bieg osobny z prędkością $\frac{NC}{M+N}$ ku EF, a ku-

la N, bieg osobny z prędkością $\frac{MC}{M+N}$ w przeciwną stronę w kierunku FE. Tak albowiem w samą rzecz biegiem składanym kula M postępuje z prędkością $\frac{MC+NC}{M+N} =$

$\left(\frac{M+N}{M+N}\right) C = C$ w stronę EF, kula zaś N

spoczywa (Xię. I. Rozd. I. 2. i 4.). A że bieg płaszczyzny przez uderzenie nie może się odmićnić, biegi zaś osobne kul mają prędkości $\frac{NC}{M+N}$ i $\frac{MC}{M+N}$, które prędkości

są w stosunku odwrotnym z miąższościami M i N, a zatem w tychże samych stosun-

kach-

kach zostaną, i po zaszcie uderzeniu zmieniwszy tylko w stronę przeciwną kierunek (13.), idzie stąd, że po skończonem uderzeniu kula M biegiem składowym pójdzie z prędkością $\frac{MC - NC}{M + N}$, kula zaś

N z prędkością $\frac{2MC}{M + N}$. I tak gdy ku-

la doskonale sprężysta, miąższości 2, z prędkością 6 uderzi prosto i szrodkowo w drugą kulę także doskonale sprężystą i spoczywającą miąższości 4; ta po uderzeniu bieży z prędkością 4, tamta zaś odskakuje z prędkością 2.

§. XV.

Zaczem gdy dwie kule doskonale sprężyste równych są miąższości, a jedna z nich wprost i szrodkowo prędkością C nabięga na drugą spoczywającą, ta po skończonem uderzeniu pobieży prędkością C kuli uderzającej, uderzająca zaś na miejscu zostanie, gdyż w ten czas jest, $MC - NC = 0$, $\frac{2MC}{M + N} = C$. Lecz gdyby kula spoczywająca miała miąższość niezmierną, albo była nieruchomą (6.), w takim razie kula uderzająca od niey odskoczyłaby, tak właśnie iak od ciała doskonale twardego i nieruchomego (11.). Albowiem jeżeli miąższość N jest nieskoń-

czenie wielka, tedy prędkość $\frac{2MC}{M + N}$ staje się

nieskończenie małą, czyli zgoła niknie (8.) a zatem kula N niewzruszoną zostaje. Ale w takim razie i różnica między $N + M$ i N, jest nieskończenie małą, to jest żadną, tak dalece, iż bez żadnego błędu znacznego można kładź N zamiast $N + M$. Zaczem prędkość kuli nabięga-

cę po uderzeniu będzie $= -\frac{NC}{N} = -C$;

z czego się pokazuje, że rzeczona kula odskoczy z tą samą prędkością, z którą na drugą nabięga.

§. XVI.

Niech biega dwie kule doskonale sprężyste miąższości A i B z prędkościami iakiemikolwiek P i Q w jednym kierunku, i niech jedna o drugą uderza wprost i szrodkowo, w takim razie po skończonem uderzeniu prędkość kuli A będzie $= AP + 2BQ - BP$,

a prędkość kuli B $= \frac{A + B}{2AP - AQ + BQ}$. Przypuśćmy bowiem,

że obie kule są położone na płaszczyźnie jeometrycznej CD, któraby postępowała w kierunku obydwóch kul z prędkością Q, kuli uderzoney B, a iawna jest rzecz, iż przez ten sposób przy kuli A zostanie osobno prędkość P - Q na płaszczyźnie, kula zaś B na teyże płaszczyźnie spoczywać będzie.

Uderzenie
się lub
spręży-
stość iako-
kolwiek
w jednym
kierunku
bieżących

będzie. Przypuściwszy więc że A jest = M, B = N, P = Q = C, prędkości na płaszczyznę z uderzenia pochodzące będą następujące, to jest $A = \frac{AP - AQ - BP + BQ}{A + B}$,

kula B = $\frac{2AP - 2AQ}{A + B}$ (14.). Dodawszy

więc do obu prędkości wymienionych spólną prędkość płaszczyzny, rzecz jest oczywista, iż po skończonem uderzeniu kula A pójdzie z prędkością którą można nazwać $R = \frac{AP + 2BQ - BP}{A + B}$, a kula B z prędkością, którą można nazwać $S = \frac{2AP - AQ}{A + B}$

+ $\frac{BQ}{B + A}$. A tak, jeżeli kula jest miąższości 4,

z prędkością 12, a uderza w drugą kulę miąższości 6, która témże kierowaniem bieży z prędkością 3, po uderzeniu będzie tamtéj kuli prędkość $R = 1, 2$, a téj $S = 10, 2$, obie zaś tém samym kierowaniem pójdą, którym szły przed uderzeniem.

§. XVII.

Jeżeli kula uderzona B idzie kierunkiem wprost przeciwnym kierunkowi kuli uderzającej A, tedy prędkość iéy Q jest odjemna, a zatem kula A po uderzeniu pobieży z prędkością $R = \frac{AP - 2BQ - BP}{A + B}$ a kula

Uderzenie
kul sprę-
żystych,
które się

B pobieży prędkością $S = \frac{2AP + AQ - BQ}{A + B}$

z sobą
zbiegają
kierunka-
mi prze-
ciwnymi.

Tak w przykładzie poprzedzającym, jeżeli kula 6, wprost się zbiega z kulą 4 prędkością 3, po uderzeniu kuli 6, będzie prędkość bez $R = -6$: a kuli 4, $= +9 = S$. Zaczem w takowym razie obie kule odskakuia, uderzająca z prędkością 6, a uderzona z prędkością 9. Ale czyli kule biega témiz samemi, czyli wprost przeciwnymi kierowaniami, zawsze jednak gdy równą mają miąższość przez uderzenie odmiieniaią się ich prędkości i kierunek. Albowiem w ten

czas jest $R = \frac{AP + 2AQ - AP}{2A} = +Q$;

a $S = \frac{2AP + AQ + AQ}{2A} = +P$. tak dalece,

iż po uderzeniu kula, której prędkość była +P ma prędkość +Q, kula zaś której prędkość była +Q po uderzeniu dostaje prędkości +P.

§. XVIII.

Przez uderzenie się ciał dwoiaki się dzieie skutek, naprzód kształt ciał uderzonych choć nie zawsze co do oka odmiienia się, a potem bieg nieiaki z jednego ciała w drugie przechodzi, kształt we wszystkich przez uderzenie odmiienia się, choćby téż najtwardszych (8.). Przez tę zaś odmianę kształtu zawsze nieiaka częst-

Dwoiaki
skutek ude-
rzenia.

ka biegu ginie w ciele uderzającym, która do ciała uderzonego nie przechodzi: i z tęj to przyczyny, gdy się bawimy wyszukiwaniem praw biegu, zawsze przypuszczamy, że ciała które się uderzają, jeżeli nie są doskonale sprężyste, przynajmniej doskonale twardymi być muszą, to jest, że przez uderzenie tak mało się ściskają, iż przy odmianie swego kształtu żadney znaczney czastki z swego biegu nie tracą. Lecz jeżeli ciała są doskonale sprężyste, bieg który przy odmianie kształtu ginie, natychmiast znówu się przywraca w obu ciałach, chociaż w kierunku przeciwnym, tak dalece, że nawed i w tych ciałach, których prawa uderzenia dopiero *Hugeniusz* i *Wreniusz* odkryli, summa biegów iednego kierunku też sama zostaje po uderzeniu, która i przed uderzeniem była; jeżeli zaś ciała, albo zgoła sprężystości nie mają, albo tylko mało co są sprężyste, summa biegów iednakowego kierunku zawsze znacznie się zmniejsza uderzeniem; chyba że toż uderzenie bardzo jest małe: wtedy bowiem, chociaż toż uderzenie ustawicznie się powtarza, przecięż wszelki bieg z jednego ciała w drugie przechodzi, bo w takowym razie kształt w ciałach prawie nieskończenie mało się odmięnia. Ale im z większą prędkością iedno ciało na drugie nabiega, tē też większą część biegu ginie, a w uderzeniu tak mocnem, przez

przez które się ciała rozsypują, żaden bieg często nie powstaje, bo cała siła ciała uderzającego obraca się tylko na odmianę kształtu i na rozerwanie części ciała uderzonego. Toż samo się prawdzi, gdy iakie ciało ciągniemy a nie uderzamy. Stąd łatwo wyrozumieć można, iż prawa uderzenia, które wyżej przywiedliśmy pierwszży raz odkryte przez *Walizeusza* w tēn czas tylko mają mieysce gdy kształt ciał uderzeniem znacznie się nie odmięnia, to jest, gdy uderzenie jest bardzo małe, albo gdy bieg, który w ciele uderzającym ginie, jest nieskończenie mały.

§. XIX.

Z tēj przyczyny położywszy kulę iaką na tablicy poziomej, gdy ją zwolna iakiem ciałem ciężkiem i kruchem popychamy n. p. rurką glinianą, albol i też gdy ją pomalu ciągniemy nicią cienką, za czasem możemy ięj wielką dać prędkość: przeciwnie zaś, jeżeli rzuconą kulę mocno pociągniemy albo popchniemy, nie się zerwie albo rurka się złamie, a kula albo mało co się poruszy albo wcale nie. Podobnymże sposobem, rurka glinianą albo inną rzecz ięj podobną, położoną na dwóch naczyniach szklanych, gdy w nią mocno uderzamy, kruszy się, a naczynia nie poruszone zostają, lecz gdy zwolna uderzamy, rurka cała zostaje, a naczynia albo się wywracają albo tłuką. Tak i kule z dział woien-

Przykłady
obu rze-
czonych
skutków.

M

nych

ných wystrzelonę, gdy uderzaia w ciała dziurawią ię albo kruszą, a ledwie co z miejsca wyruszaia.

§. XX.

Jeżeli kula doskonale sprężysta iednorodną uderza na płaszczyznę AB nieruchomą a doskonale twardą albo zupełnie sprężystą tak, iżby srzodek rzeczonę kuli szedł kierunkięm EC pod kątem ECG nachylonym do linii CG równoległę do płaszczyzny AB, tedy bieg EC, z którym tén srzodek uderza płaszczyznę rzeczoną, rozebrać się może na dwa biegi, to jest na CG, GE czyli FC. Dopełniwszy bowiem prostokąt CG EF, iasno się pokazuje, iż kula ma razęm dwa biegi, iedęn FC, prostopadły do płaszczyzny AB, drugi GC równoodległy od tęże płaszczyzny, z których biegów pośledni uderzenięm odmięniony byđz nie może; gdyż kula, gdyby tén tylko bieg miała nie uderzyłaby się o płaszczyznę; drugi zaś bieg FC uderzenięm się odmięnia na bieg równy i wprost przeciwny (15.). Zaczęu wykreśliwszy prostokąt FCIH, podobny i równy prostokątowi EC: EG, iawną jest rzeczą, że kula po uderzeniu postępuie odmięnionym biegięm CI = CG, ku J, i razęm biegięm CF ku F. Zaczęu srzodek kuli będzie po linii CH, to jest odbicie się kula od płaszczyzny tak, iż kąt ECF uderzenia, równy jest kątowi HCI odbicia, a oba tę kąty

Kule sprężyste pod jakim kątem uderzaia płaszczyzny sprężyste, pod takięmiż odbicia się.

Fig. 51.

kąty na iednęże płaszczyźnie leżą, ieżeli zaś bądź kuli C, bądź płaszczyzny AB, bądź obu sprężystość iest niedoskonała, pewną tylko część n. p. CI biegu całkowitego FC znowu się przywraca siłą sprężystości: a zatęm poprowadzmy linią ML równoodległą od płaszczyzny, poznać można że kula odskoczy wprawdzie kierowanięm CM, ale pod kątem MCI, mniejszym niż ECG, wreszcie każdy widzi, iż uderzenie rzeczonę kuli było ukośnę, bo kierowanie ię do płaszczyzny iest ukośnę (3.) a iednak srzodkowę, gdyż linią DC, do płaszczyzny uderzenia prostopadła przez srzodek ciężkości kuli przechodzi (4.).

§. XXI.

Od uderzenia mimosrzodkowego zawsze nieiakie wahanie pochodzi. Niech Skutek uderzenia mimosrzodkowego. się albowięm uderzaia dwa ciała w punkcie B tak, iżby srzodek ciężkości C, ciała uderzonęgo przypadął za kierunkięm uderzenia BD. Dajmy, że na płaszczyźnie przechodzacy przez ténże kierunek BD i przez srzodek ciężkości C, poprowadzoną iest linią FG do linii BD prostopadła, a iawną iest rzecz, iż przez uderzenie ciałem A, drugie ciało tak zaczyna się obracać, iż punkt F z pomiędzy wszystkich innych punktów na linii FG położonych najbardziej w górę pýdzie kierunkięm BD. (5.) Zaczęu linią FG na poczatku biegu

M 2

będzie

Fig. 52.

będzie miała położenie HI nie prostopadle do DB, lecz ukośnie, szrodek zaś ciężkości przyjdzie na E. Poprowadźmy więc linią LM, przez punkt E od linii FG równoodległą, i równą ię, a iasną jest rzeczą, iż można uważać iakby wszystkie punkta linii FG biegiem postępnym przeszły na LM, potem zaś iakby rzeczona linia LM pokręciła się około szrodka ciężkości tak, że punkt L, poszedł w górę przez IH, punkt zaś M razem zstąpił na dół przez MI. Niech będą N i P pewne punkta na linii LM z obu stron szrodka ciężkości leżące, i niech iedn z nich ma miąższość N, drugi miąższość P, pierwszy samym biegiem kołowym przebieży NO. a drugi w tymże samym czasie linią PQ wymierzy, prędkości zaś w kołowaniu tych dwóch punktów są $= NO: PQ = EN: EP$. Zaczem ich biegi będą $= N. EN: Q. EP$, to jest: iak wagi punktów, gdy ciało jest ciężkie (XIę. II. Rozd. II. 12.). Że zaś każda waga po iednocy stronie szrodka ciężkości ma równą wagę sobie przeciwną z drugiey strony tegoż szrodka, idzie stąd, że cały bieg kołowania linii EM, równy jest biegowi kołowania linii EL. Są zaś té biegi sobie wprost przeciwné, czyli iedn z nich jest dodatny, drugi odcimny. Zaczem summa biegu kołowania w całej linii LM $= 0$, to jest żadnego biegu pewnym iakiem kierunkiem, ani powiększyć ani zmniejszyć

zmniejszyć nie może. Lecz jeżeli pewny punkt n. p. N ciała uderzonego na płaszczyźnie CDB obracać się poczyną około punktu E, całe ciało dla spójności swoich cząstek razem kręcić się pocznie około osi prostopadłej przez E do owéy płaszczyzny (Wstęp II. 2.). Co zaś o wagach i biegach iednéy linii prowadzonéy przez szrodek ciężkości ciała powiedzieliśmy, toż samo ma się rozumieć, o każdéy innéy linii, przez ténże szrodek przeprowadzonéy. Zaczem ogólnie mówiąc summa biegów kołowania wszystkich zgoła cząstek w ciele równa jest zero, a zatem biegu w stronę BD, ani zmniejszyć ani powiększyć żadnym sposobem nie może. Dajmy że oba ciała zbliżając się, są doskonale twarde a nie sprężyste, bieg zaś uderzeniem utracony od ciała A jest $= Aa$, oczywiście jest rzecz, że gdy summa biegów w jedną stronę dążących uderzeniem się nie odmiénia (2. 18.) bieg postępný ciała uderzonego B, którym szrodek ciężkości iego przechodzi z C na E powinién równy byđz Aa , i równoodległy od biegu uderzenia, a zatem jeżeli iego prędkość jest $b = CE$; Bb jest $= Aa$ zaczem przez uderzenie mimoszrodkowé zawsze dwa biegi powstają w ciele mimoszrodkowo uderzaném: iedn postępný zupełnie równy tému biegowi, który zginał w ciele uderzającym przez owo uderzenie: drugi kołowy około

około osi przechodzący przez szrodek ciężkości pochodzący od spójności cząstek ciała uderzonego z nierówną prędkością uderzonych.

§. XXII.

Ciało iakie uderzając na inné ciało F nieruchomé i bezsprężyste, traci wszystek bieg swój postępowy, jeżeli uderza szrodkowo, pozostaje zaś zawsze w niém iakąś część biegu, jeżeli uderza mimoszrodkowo. Zaczém ciało biegiem postępnym idąc spotkawszy na drodze ciało nieruchomé, wtedy najmocniéj nań uderza, kiedy toż uderzenie jest szrodkowé. Dajmy, że płaszczyzna DCE przechodząc przez szrodek ciężkości C ciała uderzającego jest prostopadła do kierunku uderzenia AB, punkt ow tég płaszczyzny, przez który linia AB przechodzić powinna, ażeby uderzenie na ciało nieruchomé F było największe, nazywa się szrodkiem uderzenia *centrum percussionis*. Łatwo zaś pokazuje się, że w kafarach, stęporach młynskich i w jnnych ciałach, które biegiem postępnym na drugie nieruchomé wpadają, szrodek uderzenia przypada tam, gdzie i szrodek ciężkości. Ale jeżeli ciało tęg uderzając o drugie obraca się około osi nieruchoméj a oraz nabięga na iaką przeszkodę nieruchomą, oba szrodki uderzenia i ciężkości zawsze się od siebie różnią,

Szrodek uderzenia.

Fig. 47.

różnia, to jest szrodek uderzenia nie przypada tam, gdzie szrodek ciężkości.

§. XXIII.

Niech będzie linia AB mająca ciężkość, która to linia około szrodka czyli około osi zawieszenia A wykreśla biegiem swoim łuk DBE i niech napada będąc na AF na zawadę czyli na iakie ciało nieruchomé, a iawną jest rzeczą, iż kierunek każdego ię punktu a zatém i kierunek, którym idąc w ciało nieruchomé uderza, jest prostopadły do AF: przeto i szrodek uderzenia będzie na tégżé saméj linii AF (20.). Lecz jeżeli szrodek wahania tégżé linii ciężkiéj jest w punkcie C; tedy ponieważ ona tymże samym sposobem biega, iak gdyby cała ię miąższość zebrana była w jeden koniec C linii tęgicéj AC, bezciężkiéj i bezmiąższéj, mającéj koniec drugi przytwierdzony na A, i ponieważ miąższość gdyby w ten punkt C zebrana była wpadając biegiem postępnym na zawadę nieruchomą, traciłaby cały swój bieg, nie będąc nawet przyczepioną do punktu A (6.) łatwo się poznać, że ow szrodek wahania, który się zawsze różni od szrodka ciężkości (Xię. II. Rozd. IV. 17.) w tén czas jest razem i szrodkiem uderzenia; bo rzeczona linia tęgą, gdy innym punktem którymkolwiek n. p. punktem O natrafia na zawadę nieruchomą traci także wprawdzie cały swój bieg, ale w tym razie wywierá siłę

nie

Szrodek uderzenia wahadłem ciężkim.

Fig. 53.

nie tylko na ciało uderzone, lecz i na os zawieszania A: w ten czas albowiem trzeba ić brać za dzwignią prostą, której punkt O jest nieruchomy, punkt zaś C pewną siłą popędza albo ciągnie, która to siła nie może być w równowadze, chyba że i na punkcie A iaka siła znajdować się będzie, któraby tę równowagę utrzymywała. Z czego dochodzimy, że linia ciężka AF, gdy uderza punktem O, całą swoją siłę wywiera na ciało uderzone, lecz jeżeli innym jakim punktem uderza, częścią tylko całej siły swojej bije w ciało, drugą zaś częścią ciągnie szrodek nieruchomy zawieszania A, a zatem z największą siłą w ciało uderza, gdy punktem C uderza.

§. XXIV.

Szrodek uderzenia w linii iakimkolwiek się obraca, ićy około punktu nieruchomego, jest szrodkiem ićy waha-

Niech się linia AB nie waha, ale siłą iaka inną, nie zaś ciężkością iakimkolwiek się obraca około punktu nieruchomego A, będzie w nię zawsze ténże sam szrodek uderzenia. Jeżeli bowiem w uderzaniu tymże samym sposobem rusza się iak gdyby się wahała, iawną jest rzeczą, iż szrodek ićy uderzenia ténże sam zostanie co i szrodek wahań. Lecz jeżeli tylko punkt ićy pewny n. p. O ma równą prędkość gdy się linia waha, i gdy innym sposobem iakimkolwiek obraca się około A, wszystkie razem inne punkta tćyże linii w obu przypadkach równo biegać będą, a za-

tém

tém i cała linia w obu zdarzeniach jednakowym sposobem ruszać się będzie: bo któregożkolwiek punktu innego n. p. F prędkość do prędkości punktu O, zawsze jest iak AF: AO. Jeżeli zaś iaki punkt n. p. O z większą prędkością biega, niżby w położeniu naszego kraju wahać się mógł, można wystawić sobie, iakby w innym jakim kraju linia AB wahała się, w którym siła ciężkości większa jest, niż u nas, n. p. przy biegunach: bo czy dla prędkości pomnaża się, czy zmniejsza szrodek wahań w linii AB, ténże sam zawsze zostaje. Zaczém powszechnie mówiąc, szrodek uderzenia linii AB tam zawsze przypada gdzie i szrodek ićy wahań, bądź linia rzeczona jest ciężka, bądź nie jest, czyli (co na jedno wychodzi) iakimkolwiek siłą, i w jakimkolwiek sposób obraca się około punktu A.

§. XXV.

Jeżeli bierzemy linia ciężka AB nie prostopadle zawieszona z punktu nieruchomego A, ale ukośnie do osi pozioméj nieruchomej AD, na niei tegićy bieżęciękę DB wiszącą, ta linia wahać się wykreśli część powierzchni ostrokąta, a sama będzie wahadłem składanem, w którym szrodek wahań C, od osi nieruchomej DA dalej przypada, niż szrodek ciężkości O. A że w wahadłach pospolitych które pionowo wiszą na sztyfcikach bar-

Szrodek uderzenia w ciele w jakimkolwiek sposobie obracać się.

Fig. 54.

dzo

dzo ciekich, szrodek wahanía przypada na linii prostopadłej do osi nieruchomej, która linia i przez szrodek ciężkości przechodzi, i jeżeli względem linii ukośnej podobnie przypuścimy, że szrodek wahanía jest na linii EF prostopadłej do osi, i przechodzącej przez szrodek ciężkości O, tén szrodek wahanía F, nie będzie wprawdzie szrodkiem uderzenia C, ale wszelako w jednéjże odległości $EF = GC$ od osi nieruchomej znajduje się. Przeto w każdym ciele całkowitem, które się obraca w jakimkolwiek sposób około osi, szrodek uderzenia zawsze będzie w téjże samej odległości od osi, w której jest szrodek wahanía, lubo częściowy przypadnie za tą linią, która przez szrodek ciężkości ciała przechodzi, jest do osi prostopadłą.

§. XXVI.

Użytek
nauki
o szrodku
uderzenia.

Użytek téj nauki o szrodku uderzenia jest bardzo obszerny. Młotki, siekiery, i inne tym podobne narzędzia, których w przybijaniu albo rękami rzeczy spoczywających, czyli nieruchomych używamy, w czasie uderzenia ruch kołowy mają około iakićsiś osi, której miejsce przypada w ręku uderzającego. Zaczém każdemu łatwo jest poznać, że kształt tych narzędzi taki być powinien, iżby szrodek wahanía przypadał w owéj ich części, którą się uderza. Z téj przyczyny rzeczonych narzędzi niższe części czyli rękojeści,

z lek-

z lekkiego drzewa, wyższe zaś z żelaza się robią. Gdy bowiem żelazo daleko cięższe jest od drzewa, szrodek wahanía przypada w żelazie, którym uderzamy. Jeżeli zaś rękojeść jest przydłuższą albo przycięszą, tenże szrodek blisko rękojeści przypada, i w tym razie uderzenie od dalszych części pochodzące słabé jest albo chybné. A jeżeli rzeczony szrodek jest w samej rękojeści, narzędzie staie się wcale nie użytecznem, i z uderzenia więcéj ręka cierpi, niż rzecz w którą uderzamy. Z téj to przyczyny lekkie toporki żelazne bywają z krótkimi toporzyskami. Taż sama jest przyczyna krótkich rękojeści w szablach: postrzegamy, że lekkie są cięcia końcem szabli, albo miejscem blizkiem rękojeści, i że dają się czuć ręce uderzającej.

§. XXVII.

Szrodek uderzenia, o którym dotąd mówiliśmy, zawsze jest w owém ciele, które w jaką zawadę nieruchomą uderza, prócz tego i w ciele uderzoném, bądź to jest wolné ruchomé, bądź obracać się tylko może około osi nieruchomej: podobny punkt także znajduje się, który zawsze przypada na kierunku uderzenia w tén czas, kiedy ciało uderzone nabywa największego poruszenia od uderzenia. Ten punkt niektórzy nazywają także szrodkiem ciała uderzonego (centrum corporis per-

Szrodek
ciała ude-
rzonego
albo szro-
dek ruchu
dzielne.

percussi) albo szrodkiem biegu udzielonę (centrum motus communicati); bo gdy wahadio spoczywając uderzamy, żeby przez uderzenie nabyło największą prędkości, pospolicie nie w szrodek wania, ani w szrodek ciężkości, ale w inny punkt jaki uderzyć trzeba; gdy więc szrodek biegu udzielonego często zupełnie się różni od prawdziwego szrodka uderzenia, o którymśmy wyżej powiedzieli, przeto dla uniknięcia błędów oba te szrodki własne nazwiska mieć powinny.

ROZDZIAŁ III.

o dźwięku czyli glosie i o rozchodzeniu się iego.

§ I.

Jeżeli wiele kul równych iednorodnych i doskonale iednakowo sprężystych tak położymy, iżby wszystkich szrodki A, B, C, D, na iednóży linii AD przypadły, i gdy pierwsza kula potoczy się biegąc iednostaynie kierunkiem AD, z jakążkolwiek prędkością n. p. p przebiegłszy drogę EF, aż do drugiey kuli B uderzy w nią wprost i szrodkowo, i po skończonem uderzeniu stanie: kula zaś B pobieży z tąż prędkością p, z tym kierunkiem, którym kula A przed uderzeniem biegła (Rozd. II. 15.).

Zaczem

Jak się rozchodzą ruch przez kule równo i iednakowo sprężyste rzędem ułożone.

Fig. 55.

Zaczem dalej kula B uderzy w kulę trzecią C, podobnymże sposobem ta w czwartą, i tak dalej aż do ostatniey, a nakoniec gdy poruszyć przez cały rząd kul przejdzie, wszystkie kule staną na miejscu, oprócz ostatniey, która z prędkością p, kierunkiem AD toczyć się będzie iednostaynie. Toż samo stanie się ze sześćścianami, graniastostupami, walcami, i z innemi tym podobnemi ciałami, byleby tylko były iednorodné, równe i doskonale sprężyste, i byleby ich szrodki ciężkości na iedną linię prostą przypadły.

§. II.

Pierwsza kula nayprzód drogę EF przebiega, a potem w drugą kulę uderza: ta zaś po uderzeniu toż samo czyni co pierwsza uczyniła, toż samo się dzieje z następującymi kulami. Zaczem czas w którym się ruch rozchodzi po całym rzędzie kul AD składa się z czasów uderzenia i z czasów, w których odległości między kulami będące przebiegane bywają. Czas uderzenia dwóch którejkolwiek kul zawsze jest równy (Rozd. II. 12.) a zatem można go oznaczyć przez t, i jeżeli bierzemy równe odległości między kulami, ponieważ każda kula swoją odległość od drugiey przebiega z tąż samą prędkością p, z którą pierwsza kula na drugą nabiegła, drugi także czas C w którym się przebywa iednakową odległość, zawsze iednakowy będzie. Jeżeli więc

W jakim czasie ruch rozchodzi się przez kule rzędem ułożone, równe i sprężyste,

więc są n. p. 4 kule, cały czas, w którym się ruch rozchodzi z A aż do D, będzie $= 4t + 3C$. Tén zaś czas zaczyna się od chwili, w której pierwszy kuli szrodek z prędkością p, przychodzi na miejsce A, i trwa aż do téj chwili, w której szrodek ostatni kuli D po skończoném uderzeniu całej prędkości nabywa p. Prawda to jest, że po skończoném uderzeniu, na ostatni kuli szrodek ięć już nie znajduje się na D; gdyż szrodek pierwszy kuli w samém uderzeniu przebiega nieiały przeciąg d w czasie trwającego uderzenia (Rozd. II. 14 12.) toż samo się dzieje z innemi kulami, tak dalece, iż ruch rozchodzi się w czasie $4c + 3C$ przez przeciąg $AD + d$. Lecz że przeciąg miejsca d, względem średnicy kul, jest bardzo mały, przeto zaniechać go można, bez żadnego błędu znacznego.

§ III.

Czas nazwany C zależy od prędkości początkowej, to jest, od prędkości p, którą pierwsza kula uderza na drugą: przeto ténże czas ténże mniejszy, bydy musi, im większa jest prędkość p. Ze zaś czas t, zależy jedynie od siły sprężystości kul, więc on zawsze jest jednaki, bądź prędkość p powiększa się, bądź zmniejsza się (Rozd. II. 12.). Ruch rozchodzący się przez szereg kul razem i ginie w każdej kuli uderzającej, i rodzi się w ka-

żdęj

żdęj uderzonęj, tak dalece, iż jedna iego połowa od samęgo uderzenia nie zawisła od sprężystości, a druga połowa (Rozd. II. §.) od samęj siły sprężystości razem i niszczy się i rodzi. Ponieważ więc do zniszczenia lub zrodzenia jednakięgo błęgu w równym czasie jednakięj potrzeba siły, idzie zatem że siła sprężystości kul tak wielka jest, iż nią samą w czasie uderzenia, w każdej z tych zrodzić się może bieg całkowity, którym ona potem bieży.

§ IV.

Zaczém jeżeli wszystkie kule z sobą się stykają, czas C wszędzie ginie. Przeto gdy wiele kul równych z słoniowęj kości zrobionych wprost leżą z sobą się stykające, postrzegamy, że uderzywszy w pierwszą wszystkie na miejscu zostają prócz ostatnięj, która z tą samą prędkością i tymże kierunkiem toczy się, iak gdyby pierwsza kula w nią sama uderzyła. W tym przypadku będzie cały czas, w którym ruch idzie od pierwszęj kuli aż do ostatnięj, tén krótszy, im większa jest siła sprężystości w kulach (Rozd. II. 12.). Ze zaś wszystkie kule są równie sprężyste, i czas uderzenia między którémikolwiek kulami zawsze jednakowy będzie, a zatem ruch rozchodzi się iednostaynie. To jest, czas przechodzenia iego od pierwszęj kuli do któręjkolwiek następującej zawsze będzie iak liczba kul, które się już poruszyły; przez

R zchodze
nie się ru-
chu przez
kule styka-
jące się.

Jak ocenić
siłę sprę-
żystości
z biegu roz-
chodzącę-
go się
czyli ude-
rzonęgo.

przez równa zaś liczbę kul, ruch zawsze się rozeydzie w czasie równym, bądź pręd-
kość początkowa jest wielką bądź małą,
bo czas C w takowym razie niknie.

§. V.

Jakim spo-
sobem
dźwięk po
powietrzu
się rozcho-
dzi.

To, cośmy dotąd powiedzieli, można przystosować do rozchodzenia się dźwięku po powietrzu. Gdy albowiem strona AB w powietrzu zwolna się waha, powietrze z jednej strony zgęszcza się, a z drugiej się rozrzedza, ale się nie rozrywa, zgęszczone zaś płynie tak długo ku rzadszemu, póki rzeczone wahanie strony nie ustaje (Wstęp X. 22.). Lecz jeżeli strona drga z wielką prędkością i waha się, powietrze się rozrywa, i cząstki jego oderwane tym się sposobem wzruszają, którym ciało osobne, i od reszty powietrza oddzielone (Rozd. II. 18. 19.). Zaczem gdy w ostatnim tylko razie dźwięk słyszeć się nam tylko dać, (Rozd. II. 20.) idzie stąd, że dźwięk innym sposobem powstać nie może, iedno gdy cząstki powietrza poodrywane w takiej liczbie uderzają, iak ciała osobne i oddzielone. Wykładam to iasniey, każdy punkt w stronie n. p. D, uderzając w powietrze kierunku CD, odrywa cząstkę powietrza bardzo małą w tymże kierunku i naprzeciw innemu powietrzu pędzi. Ta cząstka z taką siłą uderzając w powietrze, z jaką punkt D, odrywa drugą cząstkę powietrzną także bardzo małą w tymże kierunku,
druga

druga trzecią, trzecią czwartą i tak dalej. Stąd łatwo wyrozumiećwamy, że dźwięk rozchodzi się linią prostą DF tak, iak gdyby na téjże linii prostey leżało wiele cząstek powietrznych równych i z sobą się stykających. Daley gdy te cząstki wszystkie są równe i doskonale sprężyste (Wstęp X. 6.) każdy widzi, iż dźwięk w ten sposób rozchodzi się przez linią prostą DF, iak ruch idzie przez szereg kul doskonale i iednakowo sprężystych z sobą się stykających, a zatem że się rozchodzi iednostaynie.

§. VI.

Prędkość dźwięku, przez wiatry znacznie się powiększa albo zmniejsza (Wstęp X. 30.). Albowiem wiatr pomyślny owę linią powietrzną, po której dźwięk się rozchodzi popędza, przeciwny zaś odpędza, tak dalece, że prędkość dźwięku gwałtowniejszym nieco wiatrem pomnożyć się albo zmniejszyć może na 50 stóp w jedney sekundzie (Wstęp VIII. 2.). Ale dla więkzszey lub mniejszey obfitości wyziwów ziemi w czasie pogodnym albo pochmurnym, prędkość dźwięku iak doświadczone, ani się powiększa ani zmniejsza, bo dźwięk nie przez wyziwy, ale przez samo powietrze rozchodzi się. Nad to dźwięki słabé i mocné, z iednakową prędkością rozchodzą się (Wstęp X. 31.) bo rzeczona prędkość od

N

samęy

Jakim spo-
sobem wia-
try rozcho-
dzenie się
dźwięku
przyspie-
szają albo
opóźniają.

samę sprężystości i gęstości powietrza pochodzi, a nie od pierwszego uderzenia w powietrze. Wreszcie dźwięki, bądź wysokie bądź niskie jednakową prędkość mają, bo każde z osobna wzruszenie powietrza tymże samym sposobem z tą samą prędkością rozchodzi się, bądź powolnie bądź prędzej, iedno po drugim następuje.

§. VII.

Jak
dźwięk
działa na
ucho.

Gdy ruch od strony albo od iednego ciała brzmiącego udzielony tym sposobem iak powiedzieliśmy do uszu naszych dochodzi, nerwy ucha od powietrza go wypełniającego wewnątrz poruszają się, i słyszymy ton, jeżeli rzeczone poruszenia w powietrzu, iedne za drugimi w równych czasach następują, który ton, tén jest wyższy, im przeciągi czasu są mniejsze, (Rozd. I. 11.) . A powszechnie mówiąc wszystkie zgola dźwięki podobnym sposobem dają się nam słyszeć, tylko że często owé wzruszenia powietrza nieporządnie w nierównych czasu przeciągach powtarzają się. Prawda że każde z osobna poruszenie powietrza, tak słabé jest, i tak prędko iedno po drugim idzie, że go rozeznac nie można, ale cały szereg poruszeń nerwy tak wzruszają, że go czujemy. Z téy przyczyny nie czujemy trącenia w nerwie ucha od powietrza, ale czujemy przez zmysł słuchu sam dźwięk, co jest

sły-

słyszec. Uczucie zaś dźwięku, który słyszemy, nie od własności poruszeń pojedynczych zależy, ale raczcy od szeregu tychże poruszeń, to jest od większcy albo mniejszcy prędkosci i od porządku, którym iedne po drugich następują.

§. VIII.

Doświadczenie naucza, że dźwięk nie rozchodzi się, tylko przez linie proste (Wstęp X. 34.) czego przyczynę ażebymy doskonale wyrozumieli, porównywaymy siłę sprężystości z siłą ciężkości. Gdy wodę albo inny płyn w jakim naczyniu zamykamy, ten nie tylko dno naczynia tłoczy ale i boki, gdyż ściśnione cząstki iego na wszystkie strony ustępują. Podobnymże sposobem i powietrze w jakim naczyniu zamknięte, gdy ię ściskamy, nie tylko tym kierunkiem, w którym iest ściśnione, ale na wszystkie strony rozpięra naczynie siłą swęą sprężystości, przeto że iest płynne. Lecz gdy woda przez rurę prostopadłą z obu końców otwartą przechodzi, całym swym ciężarém wolnie spada, właśnie iak gdyby rury nie było, a zatem ię boków nie rozpięra. Zaczém i dźwięk gdy się rozchodzi przez rurę prostą z obu końców otwartą, w której powietrze strona drgająca ściska kierunkiem wzdłuż osi rurney idącym, żadnego ciśnienia nie wywierá na boki rury; bo do uczynienia tego ruchu, na którym się

N 2

dźwięk

Za co
dźwięk
przez same
linie
proste zawsze
się
rozchodzi

dźwięk zasadzą, potrzebna jest cała siła sprężystości powietrza, a zatem nic się z tęższych sił nie pozostaie, czém by rura ciśnioną bydz mogła; przeto i odrzuciwszy rurkę, dźwięk na boki rozchodzie się nie może, ale zawsze linią prostą idzie. Różne zaś punkta strony drgającej rozmaitemi kierunkami bią w blizkie czastki powietrza i sciskaia onę; a że te czastki tak się poruszają, iak gdyby oddzielone były od reszty powietrza (§.) i każda z nich w tym tylko kierunku porusza się, podług której jest sciszona, dźwięk więc od strony idzie różnemi promieniami od siebie odstępując ni. Czastki powietrza które składaia iaki promień, są tak drobne i szczupłe, iż wielka ich liczba, przez otwartość ucha naszego, razem przechodzi; acz ta otwartość jest bardzo mała; ponieważ nie tylko wiele dźwięków razem słyszemy, ale i każdy dźwięk, który słuchem rozeznaliśmy powstać nie może inaczej, tylko gdy wiele promieni brzmiających w ucho uasze razem wpada (Rozd. I. 19.)

§. IX.

Lubo gdy kula iaką dźwięk wydaie, wszystkie iey razem punkta drgaia, wszelako wystawie sobie w myśli można iakoby drganie to zaczynało się od punktu srzedniego kuli, który tegoż drgania udzielałby innym punktom sobie przyległym te znowu

Dźwięk
ubywa
w stosun-
ku dwu-
mnożnym
odległości

znowu dalszym co raz, w taki sposób, iżby dźwięk ten wychodził od srzodka kuli przez linie proste w różne na około strony idące, i co raz bardziey od siebie odlegle, a im dalsze od srzodka na tych liniach będą punkta drgaieć, tém słabszy dźwięk będzie, tak dalece, że dźwięk w wielkich odległościach przez rozchodzenie się iego promieni słabieie prawie w stosunku dwumnożnym odległości od ciała brzmiającego.

§. X.

Wiatr wieiać w tę samą stronę, w która dźwięk lub głos rozchodzi się unosi promienie iego, a przeto ten sam skutek sprawiaie, iak gdyby w powietrzu spokojnem ciało brzmiać zbliżone było, do uszu na pewną odległość, to jest powiększa moc brzmienia czyli głosu. Wiatr zaś przeciwny tamując rozchodzenie się promieni brzmienia osłabia moc iego, tak właśnie, iak gdyby ciało brzmiać daley się odsunęło od słuchającego. I znowu gdy promienie brzmiać rozchodzą się przez powietrze natrafiaia na warstwę iego rzadszą lub gęstsza, w takowej warstwie rzeczónie promienie łamia się, a to bardziey niż przedtem, iuż oddalaiać się, iuż zbliżać się ku sobie: w piérwszym więc zdarzeniu moc brzmienia osłabia się, w drugim się natęża. I dla tęg to przyczyny łatwiey słyszeć można na dole stojąc mówiących

Odmiany
mocy
dźwięku
lub głosu
pochodzą-
ce od wia-
tru lub gę-
stości po-
wietrza.

na wierzchołkach gór wysokich, a niżeli słyszą będący na wierzchołkach mówiących na dole. Powietrze bowiem im wyżey nad powierzchnią ziemi, tém rzadsze jest (Wstęp X. 10.).

§. XI.

Odbijanie
się dźwię-
ku od po-
wierzchni
chropowa-
nych.

Jeżeli promień brzmiający biegąc natrafia na ciało sprężyste, częścią powietrza rzuconemu ciału blizka, przebiegłszy miejsce bardzo małe, gdy w nie uderzą (2.) znowu przez takoweż miejsce od owego ciała odskakuje. Zaczem promień brzmiający, tak właśnie iako promień światła odbija się w ten sposób, iż kąt promienia odbitego równy jest kątowi promienia uderzającego, a oba te kąty na iednemyż płaszczyźnie leżą (Rozd. II. 18.). A że niemal wszystkie ciała, których powierzchnie są znacznie chropowate, nie odbijają tak dobrze dźwięku, iak zwierciadła odbijają światło, ale raczej zwyczajnie go rozpraszają; przeto i promienie brzmiające odbite, nie mogą dostatecznie poruszyć ucha naszego, chyba gdy są gęste, a zatem gdy w wielkiej obfitości do ucha naszego wpadają. Są zaś gęstszymi promienie brzmiające, gdy się zewsząd odbijają od ciał twardych, a nie rozpraszają się na wszystkie strony. Gdy ciała na około będące, są miękkie nie sprężyste, dźwięku nie odbijają, ale w sobie go tłumią. Z téy przyczyny głos albo dźwięk łatwiej słyszymy na ulicy,

ulicy, niż w polu otwartym, a łatwiej w pokoju niż na ulicy. W pokoju nawet głos bardziej brzmi gdy pokój jest próżny i ściany są gładkie, niż gdy się ludźmi napelni, albo ściany mają obite; przeto i łoskot od grzmotów albo od dział wojennych cięższy jest po miejscach górzystych, niż na równinach i na miejscach zewsząd otwartych: głos zaś natęża się, gdy przez trąbę lub rurę mówimy, z czego łatwo wyrozumiewamy skuteczność trąb słuchowych zwanych stentoreyskimi (tubus acusticus vel stentoreus (Wstęp X. 35.)); także i dzielność owych sztuk wydrążonych z drzewa, które się podkładają pod strony muzyczne (Rozd. I. 18.). Podobnymże sposobem dźwięk w powietrzu zgęszczonem przez powietrzociąg w bani bardzo się natęża.

§ XII.

Jeżeli dźwięk raz tylko się odbija od iakiego ciała twardego i sprężystego, tedy promienie odbite, gdy inne okoliczności są iednakowe, *naprzód* tém gęstsze będą, im wpadające gęstszymi były: *powtóre* im więcej promieni niemal prostopadłe do powierzchni odbijającej dochodzi. Jako bowiem gęstość światła na płaszczyźnie promieniami równoległymi oświeconey zależy od kąta, pod którym promienie na owę płaszczyznę padają (Wstęp XIII. 2.), tak też i gęstość brzmiających promieni równoodległych iaką płaszczyzną prze-

Kiedy słyszemy od-
głos czyli
echo.

cię-

ciętych, gdy inne okoliczności są jednakowe, na téżę płaszczyźnie jest największa, gdy rzeczony promień do płaszczyzny dochodzą prostopadle. Żebyśmy tedy odgłos słyszeli przez odbijanie się dźwięku, dźwięk który się odbija, przymocniejszy bydz powinien, i większą część iego promieni powinna dochodzić niemal prostopadle do powierzchni odbijający.

§. XIII.

Różne gatunki odgłosu.

Lecz jeżeli ciało brzmiać jest bardzo blizkiej powierzchni odbijający, a dźwięk główny z odbitym tak się miesza, że obu rozeznac nie można, w ten czas rozleganie się dźwięku czyli glosu a nieodgłos słyszymy. Zaczem nie dosyć jest na tém, że promienie brzmiać są gęste wtedy kiedy się odbijają, ale trzeba jeszcze do słyszenia odgłosu, aby ciało, które odbija dźwięk od nas i od ciała brzmiać, dosyć odległe było. Dajmy n. p. że między ciałem brzmiać i odbijającym jest odległość na 520 stóp Paryzkich, i że dźwięk główny trwa przez 1", a łatwo jest wyrozumieć, że gdy dźwięk potrzebuie 1", aby doszedł tam, skąd się odbija, i równego czasu, aby powrócił na miejsce, z którego wyszedł; człowiek stojący nie daleko tegoż miejsca słyszeć może na-przód dźwięk główny a potem odbity: bo dźwięk przymocniejszy nawet ledwie jednę

jedną sekundę trwaniem zajmuie. Jeżeli zaś odległość, w której jesteśmy od powierzchni odbijający, jeszcze jest większą od owego oddalenia, w którym zostaliśmy od ciała brzmiać, wtedy częstokroć słyszeć się daia kilkakrotnie powtórzone dźwięki. Tak będąc w wielkiej odległości od powierzchni odbijający, wiele zgłosek które głośno wymawiamy, a zbliżając się co raz bardziej mniemy, potem jednę tylko zgłoskę, a nakoniec ani jednę nawet wyraźnie powtórzoną nie usłyszymy. Nad to odgłos bywa czasem wielokrotny, jeżeli albo wiele ciał dźwięk odbijających znajduje się w różnych okolicznościach, albo jeżeli promienie brzmiać dwa razy, albo trzy, albo i więcej odbijają się od ciał wprost na przeciwko sobie będących, a to tak jeszcze, że każdy z osobna dźwięk odbity rozeznac można.

§. XIV.

Jeżeli powierzchnia iakięgo ciała sprężystego, jest bardzo gładka n. p. zwierciadła, tedy promienie dźwięku i światła co do większej części porządnie się od niej odbijają, tak dalece, że w takowym razie i przystabszy dźwięk często słyszymy wyraźnie (a). Chropowatość albowiem przy-

Odbijanie dźwięku i światła przez zwierciadła.

Fig. 58.

(a) Jeżeli CAB jest równorzutnią (Parabola) Fiery ognisko, AE zaś oś, wiadoma jest rzecz, że każdy promień DC, od osi AE równoodległy

Fig. 57.

przyrodzoną wszystkim ciałom gładzeniem wraź bardziej a bardziej się znosi, a chociaż i najgładszą powierzchnie nie są tak doskonale równe, iak powierzchnie matematycznie uważane, jednakże daleko bliżej do nich przystępują, niż nie wygładzone. Zatem i daleko więcej promieni bądź dźwięku, bądź światła odbijają, a daleko mniej tychże promieni zazwyczaj rozpraszają. Jeżeli AB jest płaszczyzną geometryczną, która wszystkie zgoła promienie należycie odbija, C zaś punktem świecącym, albo brzęczącym, poprowadziwszy linią CD prostopadłą do płaszczyzny AB i przeciągnawszy ją do E tak, iżby było $DE = CD$, pokazaliśmy wyżej

na

gdy odbija się w równorzutni do F, i wzajemnie jeżeli w ognisku F znajduje się punkt świecący, każdy promień jego tak się odbija w równorzutni, iż od osi ięj jest równoodległym. Z czego łatwo wyrozumiewamy, że jeżeli dwóch tęj figury zwierciadeł CAB i GHI, osi, AF i HV na iednęże linię AH przypadają, wszystkie promienie wychodzące z ogniska F iednego zwierciadła, znowu się zbierają w ognisku V drugiego. Jest też doświadczeniem rzecz stwierdzoną, że jeżeli w ognisku F iednego z takich zwierciadeł położymy zegarek kieszonkowy, gang ięgo czyli bicia słabé w odległości 50 kroków, przyłożywszy ucho do ogniska V. drugiego zwierciadła, słyszeć można, chociaż w pośród odległości między zwierciadłami żadnego bicia gangu nie słysząc (Winkler Untersuchungen der Natur und kunst, na karcie 283.).

na inném miejscu (Wstęp XI. 8.), że wszystkie promienie tak się odbijają, iak gdyby prosto wychodziły z punktu E. Jeżeli więc GBEAF, jest ostrokregiem, albo ostrosłupem, którego by wierzchołek był E, oś Ec, a przecięcie do osi prostopadłe AB, tedy wszystkie promienie odbite w obrębie tego ostrokręgu, albo ostrosłupa zbierają się; lecz jeżeli AB jest płaszczyzną znacznie chropowatą, tedy promienie odbite na wszystkie się strony rozpraszają prawie iednostaynie, a zatem daleko rzadsze są w obrębach ostrosłupa albo ostrokręgu GBEAF, niż w pierwszym razie były. Zaczem dźwięk odbity tēm łatwiej słyszany byż może w pewnych granicach, im powierzchnia odbijająca jest bardziej wygładzona (17.). Wreszcie od przygłówniejszego dźwięku przyległych ciał cząstki często drgać zaczynają (Rozd. I. 19.) których dźwięk pomieszany z dźwiękiem odbitym znacznie go czasem odmiennia i powiększa.

§. XV.

Dźwięki nawet w samém uchu naszym przez odbijanie się i przez drganie cząstek ucha powiększają się; gdyż ucho jest na kształt prawie lęku albo trąbki słuchowej, bo część ięgo zewnątrzną i wystawiającą, którą właśnie *uchem* zowiemy, jest szeroka i wydrażoną, wnątrzną zaś wąska i prawie wałkowatą. Ta część będąc

Budowa
ucha.

dac sprężysta odbija promienie brzmiać, a te wielokrotnie odbite gromadza się w otworze słuchowym (meatus auditorius) meco i wałkowatym, gdzie sprężyste chrząstki i twarde kostki sprawiają nowe dźwięki i z dźwiękiem pierwiastkowym je mieszaia; gdyż wewnątrz ucha niemal wszystkie czastki, a najbardziej błona, które bębenkiem zowiemy, tak są twarde, suche i sprężyste, iż żadnych części innych w ciele ludzkim mocniej wyprężonych i ruchliwszych nie znajdziemy. Dźwięk tak nateżony dochodzi do nerwu słuchowego, dzielącego się na wiele gałęzi wewnątrz ucha wykładających: z wielu doświadczeń pokazuje się, że dźwięki nawet przez zęby i przez wszystkie kości czastki aż do nerwów słuchowych dochodzą i tak słyszanymi być mogą.

§. XVI.

Dźwięk
czestokroć
od samego
powietrza
pochodzi.

Dźwięk często nie od strony drgającej pochodzi, albo od innego jakiego ciała sprężystego, ale od samego powietrza, lubo powietrze drgać nie może. Albowiem każda część powietrza od siły zewnętrznej naciśniona, natychmiast się rozszerza, skoro taż siła działać przestaje, ale znowu własną siłą ściśnioną bytż a zatem drgać nie może. Jednakże czastki powietrza gdy się zagnają rozszerza, ale nie wszystkie razem pospolicie jedne po drugich rozciągają się: że zaś każda czastka rozszerza-

ca

ca się wzrusza powietrze na około siebie będące, przeto wiele się w nim dzieje poruszeń, które jedne po drugich bardzo prędko następują tak, jak gdyby jakieś ciało twarde i sprężyste drgając w powietrze uderzało: te jednak uderzenia pospolicie bardzo w różnych czasu przeciągach jedne za drugimi idą. I taki to jest dźwięk pochodzący od wiatrów, dział wojennych, grzmotów i od innych ciał, które przez powietrze bardzo prędko bieżąc, znacznie go ścisłają (Wstęp X. 2.).

§. XVII.

Podobną jest przyczyna dźwięku czyli głosu w narzędziach dętych: te albowiem tak są zrobione, iż gdy je nadymamy, powietrze do nich nie może inaczej wchodzić, tylko jakowym otworem ciasnym, co prędkość jego pomnaża (Wstęp VIII. 7.). Zaczem szczupły strumyk powietrzny z wielką szypkością w takie narzędzie wpadłszy, ponieważ słupek powietrza tem narzędziem obięty, prawie żadnego z nim nie ma spoięcia, szrodkiem obu bieży w stronę, w której najmniej oporu znajduje, a zatem ścisła wypodłuż cały słupek powietrzny. Ten zaś ściśniony w części, w której tylko może, natychmiast się rozszerza i powietrze blizkie końca tego narzędzia wzruszając nielką swą częścią z niego wychodzi. Zaczem powietrze wdęte natychmiast zajmując miejsce po-

Dźwięk
czyli głos
w narzędziach mu-
zycznych.

wie.

wietrza ubytłego ow słupek znowu dopełnia. Gdy wdymanie powietrza tym sposobem dalej idzie, słupek powietrzny znowu ucalony tak, iak i pierwey wzdluż się ściska, a potem szypko się rozszerzając w przyległe powietrze zewnętrzne uderza: i té to słupa powietrznego narzędziem objętego, kolejno ściskania się i rozszerzania w równych czasu przeciągach po sobie następują; bo równa siła w równey miąższości w równym czasie, sprawuje ruch iednakowy. Z czego się pokazuje z jakiey przyczyny piszczałka (n. p. w graniu, zawsze daie ton pewney wysokości. Słup albowiem powietrzny w narzędziu znajdujący się wcale tak się ma, iak strona drgająca, z tą tylko różnicą, że on nie zawsze iedenże, lecz coraż inszy, acz zawsze równy sobie. Zaczém wysokość tonu piszczałki pochodzi od długości i miąższości słupa powietrznego (Rozd. I. 7.), to jest: od grubości i długości piszczałki: sprężystość zaś téy strony powietrzney, będzie równa słupowi żywego srebra na 28 calów Paryzkich blisko wysokiemu. Jeżeli piszczałka w szrodku ma iaką dziurkę otwartą, daie taki ton w graniu, iak gdyby w mieyscu owéy dziurki była uietła i skrócona.

§. XVIII.

Podobnymże sposobem robi się głos
Krtán i w ludziach i w zwierzętach. Narzędzie
zaś

zaś, którém się głos robi, ma w sobie dwie części, rurkę prawie wałkowatą z płuc wychodzącą, krtanem (Arteria aspera) zwaną i wierzch téżze rurki czyli kanał powietrzny (la rynx), przyłożwszy palec do gardła macaniem, rozeznac ie można. Krtan jest obszerniejszy od kanału powietrznego, składa się z części twardych chrząstkowatych i kościstych, w górze ma dziurkę podługowatą, która się głośnia nazywa (Glottis). Powietrze w oddychaniu z płuc przez krtan do kanału powietrznego, a stamtąd przez głośnia do ust wypędzone sprawuje głos mowę i śpiewanie. Każdy rodzaj zwierząt ma głos sobie właściwy, który cały zależy od kanału powietrznego i od głośni. U ludzi kanał powietrzny na pół cala podnosić się może nad srednią swą wysokość, przez co się głośnia ściska i tyléż na dół opada, przez co głośnia rozszerza się. Przykładając palec do kanału powietrznego, pokazuje się, że dla wydawania głosów wysokich, cały kanał powietrzny podnosić się musi, a niekiedy z takim natężeniem, iż głowę w tył przechylamy: opada zaś ténże kanał gdy głosy niższe wydaiemy. Zaczém w śpiewaniu kanał powietrzny raz się podnosi drugi raz opada, razém téż głośnia albo się ściska albo rozszerza. W mówieniu kanał powietrzny spoczywa, bo tony wyniosłością i spuszczeniem nie
wiele

kanal po-
wietrzny.

wiele się różnią, a głosu odmiana przez ułożenie ust dzieje się. Wymawiamy zaś słowa które się z głosek składają; z tych głosek spółgłoskami zwiemy owe, które wymawiamy przyciśnięciem języka do łąki w gębie części, do ust albo do zębów; samogłoskami zaś, które się wymawiają bez żadnego przyciśnięcia językiem.

§. XIX.

Przyro-
dzenie
światła

Światło do dźwięku bardzo wielkie ma podobieństwo, z wielką nader prędkością idzie prosto tak iako dźwięk, i promienie jego liczne nie mieszają się choć przez małą dziurkę różnymi kierunkami przechodzą. Odbija się od zwierciadeł, od powierzchni nierównych odbite, tak się rozprusza iako i dźwięk (Wstęp XI. 6. 8. XII. 38.); a iako gdy dźwięk powstaie przytęszy wszystkie ciała bliżkie drgaia i brzmia, tak też i wielę ciał nieprzezroczystych, gdy przez czas są na słońcu, potem w ciemnym miejscu słabę światło z siebie wydaia. Zaczem iest rzecz bardzo podobna do prawdy, że światło w jakicys materii subtelney płynney i sprężystey, tem samym sposobem rodzi się i rozchodzi, iak głos w powietrzu; która to materya wszędzie z powietrzem i ze wszystkimi ciałami ziemskimi miesza się, i za obrebm powietrzkregu naszego po niezmiernych nieba przestrzeniach rozciąga się: oprócz tego zaś bardzo sprężyste bydz musi, gdyż światło

światło zdaleko większą szypkością rozechodzi się niż dźwięk. Newtona mniemanie nie zdaie się bydz dowodliwę, który sądzi, że zmysł widzenia tak iako i zmysł powonienia, nieiakiemi wyziewy bardzo ciełkami poruszony bywa, i że promienie światła ze słońca, i z jnych ciał świecących ustawicznie wypływaiąc przez ciała przezroczyste, i przez same oczy nasze na wszystkie strony wolne przeyscie maia.

R O Z D Z I A Ł IV.

o spoyności w ciałach

§ I.

Wszelkie ciało albo iest statę albo płynne (Xię. I. Rozd. II. 3.). Statę znowu albo giętkie, gdy się łatwo naginać może, a nie łamie się, albo tegie: ciągiem zaś to się nazywa, które bądź łatwo, bądź z trudnością znacznie podługonem bydz może, a nie rozrywa się. Ciało bardzo giętkie iako to strona muzyczna, iest też ciągię, i łatwo znacznie się przedłuża zawieszonym iakim ciężarem, i nawet ciała takie, przez samo naginanie rozciągaia się, a zatem ciała te, które się bardzo naginać mogą, znaczney też długości nabywaią bez rozerwania. Tak wiadomo iest przez doświadczenie, że strona długa na 3 stopy

Ciała giętkie
kie tegie i
ciała

O

Pa-

Paryżkie ciężarém dwóch funtów Paryżkich przedłużyć się może na 9 linii, ciężarém dwoistym na 17, troistym na 23, czworakim na 27 linii, (Mem. de Paris 1705); z czego się razem pokazuje, że takowe ciała przez naciąganie wraz mniej ciągniemy się staia, i że równym ciężarém tém mniej się podłużaia, im więcej są już podłużone i napięte. Zaczem gdy ustawicznie ciężaru przybywa wreszcie rozrywaia się tak, iako i inne ciała wszystkie nieciągłe, których bez rozerwania znacznie podłużyć nie można.

§ II.

Ciało znacznie sprężyste i ciągle, odiawszy ciężar, którym się podłużało, znowu powraca do pierwszej długości; z czego się pokazuje, że przez podłużenie i wyprężenie jego, siła która cząstki ciała spala, mnieyszą się nie stale. Zaczem takie ciało ciągle bez pochyby większy ciężar przyczyniony wytrzymać może, nim się rozerwie, niż gdyby takowąż siłę maiać nie było ciągłym. W ten czas albowiem ciężar zawieszony natychmiastby zmniejszył w niem siłę spoięcia, gdy zaś iest ciągłym, trzeba naprzód pewnego ciężaru iakiego do podłużenia, co gdy już iest, powiększwszy ciężar dopiero się osłabia spoięcie w cieie. Zaczem siła, przez którą ciało opiera się rozerwaniu, i którą zowiemy *siłą spoięcia bezwzględną* w cieie (vis cohae-

Sila spoy-
ności bez-
względna
ciał po-
mnaża się
ich ciagło-
scia.

cohaerentia absoluta) większą się znajduie, gdy inne okoliczności są jednakowe, w ciałach giętkich sprężystych, niż w jnych.

§. III.

Jakieżkolwiek ciało iednorodné stałe i nie iednakowo grube, w tém się mieyscu rozrywa, w którym iest naycieńsze; zaczem iezeli całe ciało iest iednostaynie grube, to iest, iezeli wałkowate albo graniastoslupowe rozrywa się na przecięciu do swęy osi prostopadłym: bo takie przecięcie między wszystkimi przecięciami poprzecznymi iest naymnieysze. Jeżeli więc dwa ciała wałkowate albo graniastoslupiate, nie ciągłe, iednorodné, podobnie zrobione, ciężarami P i p rozrywaia się w przecięciach AB, CD prostopadłych do ich osi, siła spoięcia bezwzględna tych ciał równa iest summie sił, któremi się cząstki na powierzchniach AB, CD z sobą się stykające spalaia. Gdy więc którekolwiek dwa punkta w jedném cieie iednakową siłą są spoiene, iak dwa punkta w drugim, idzie stąd, że siła bezwzględna w obu ciałach będzie iak liczba punktów z sobą się stykających, to iest, iak przecięcie CD albo AB. Dajmy n. p. że ciała są wałkowate, i że szrednica iednego iest do szrednicy drugiego iak 1:2, tedy bezwzględne siły ich będą, iak 1:4, albo ogólnie mówiąc, iak kwadraty szrednic.

O 2

§. IV.

Stosunek
sił bez-
względ-
nych spoy-
ności ciał
nie ciag-
łych.

Fig. 59.

§. IV.

Stosunek
siły bez-
względnej
spójności
w ciałach
ciąglych.

Ale jeżeli z dwóch ciał sprężystych jedno jest więciej ciągle, drugie mniey, chociaż oba są jednorodne, to drugie nigdy tyle ciężaru wytrzymać nie może, iakby podług stosunku swęj podstawy wytrzymać powinno (2.) tak sztuki metallówé sprężyste znacznie naginane i podługane bydz mogą bez rozerwania, gdy są cienkie, ledwie zaś trochę nagiąć, albo przedłużyć ich można gdy są grube. Przeto i sztaba żelaza grantastoslupna, której podstawa miała w sobie blisko 700 linii kwadratowych Paryzkich, rozerwała się ciężarém 28000 funtów Paryzkich, kiedy drót iednę prawie linią kwadratową w podstawie mający, był rozerwany ciężarém 490 funtów (Experiences sur la tenacité du fer, par M. Buffon). W przykładach dopiero przywiedzionych, stosunek podstawków był 1: 700, stosunek zaś ciężarów 1: 57, a zatem ostatni od pierwszego blisko dwanaście razy mniejszy. Sam gatunek żelaza, z którego sztaba zrobiona była, zdaie się, iż był daleko podlejszy, niż żelazo w drócie, iednakże pewna jest rzecz, że tak wielka różnica w udzielnęj sile spójnia naybardzięj wyniknęła z różnicy między ciągłością grubego pręta i ciénkięgo drutu.

§. V.

Siła bez-
względna

Niektóre ciała z włókien się składają, iako to drzewa, strony, powrozy. Takich

spójności
w powro-
zach.

ciał, gdy są wałkowate albo graniastostłupne siła spójnia bezwzględna, iest w stosunku podstaw, byleby tylko każde z osobna włokno chociaż ciągle, było równie mocne, grube i iedno od drugiego równoodległe: albowiem im większa iest liczba włókien, tém téż większego ciężaru do rozerwania ciała potrzeba będzie, liczba zaś włókien zawsze iest w stosunku podstawy ciała. Zaczęmi s'ron i powrozów z jednakięj materyi, siły bezwzględne spójności, niewątpliwie byłyby w stosunku kwadratów grubości, gdyby włokna ich były od siebie równoodległe, a niepokrecone: doświadczenie zaś naucza, że powrozy tém mniey wyciągać się daia, i tém się tęższemi stają, im są bardzięj skrecone. Ani ta rzecz dziwna bydz powinna, gdyż włokna w powrozach samém kręceniem natężają się i przedłużają, z czego się pokazuje, że w powrozach bezwzględna siła spójnia, tém bardzięj się zmniejsza, im powrozy są mocnięj skrecone. Tak ze dwóch powrozów wcale sobie podobnych i równych, ale z których ieden iest daleko mocnięj skrecony, niż drugi, ten ciężarém 6205, tamten zaś 4095 funtów rozerwany został (Mem: de Paris 1711), w powrozach iednak konopnych grubych a osobliwie przydluższych, gdy są miernie skrecone, siła spójnia bezwzględna, pospolicie więciej się pomnaża, niż

niż w stósunku podług. Tak powróż z sześciu włókien równych upleciony zerwał się ciężarem 631 funtów, podobny powróż z dziewięciu włókien złożony 1014 funtami, powróż z 12 włókien 1564 funtami, a powróż z 18 włókien 2145 funtami (Duhamel art de la corderie); gdyż włókna, z których się powrozy składała zwłaszcza długie są niejednostajnie mocne, i zawsze mają w sobie niektóre części od innych znacznie słabsze. Gdy się wiele takowych włókien skręca, słabe części jednego włókna ściśle się łączą z częściami mocniejszymi drugiego, a tak moc powroza, tém jednostajniejsza i większa się robi, im więcej włókien skręcamy. Zaczém jest pewny stopień skręcania w powrozach, od którego ich moc największa zawisła. Jeżeli są mniej kręcone, tedy słabe części włókien z mocniejszymi nie tak się ściśle łączą, jeżeli zaś więcej są skręcone, tedy powrozy bardzo wiele z swojej ciągłości tracą, a tém samém stają się słabymi; wreszcie powrozy wilgotne mniej się wyciągają, i słabszymi są niż suche.

§. VI.

Różnych
ciał ro-
zmaitą
spójność.

Powszechnie zaś doświadczono z porównywania ciał co do wielkości, i co do kształtu zupełnie równych, że bezwzględna ich siła spójności jest bardzo różna, chociaż same ciała z jednego materiału, czę-

częstokroć udziałane były, bo nie tylko jednego materiału różne się znajdują gatunki, już mocniejsze, już słabsze, ale też i sposób, którym ciała udziałane bywają z jednego materiału, często wiele wpływa w pomnożenie albo zmniejszenie ich mocy. Między kruszczami stal i żelazo ma największą siłę spoięcia, ołów najmniejszą: przez pomięszanie zaś kruszców i zlewanie, moc jednego różnym się sposobem odmięnia, i nie zawsze w mocy stósunku drugiego kruszczu. Tak w złocie siła spoięcia bezwzględna srebrém się powiększa a bardziey jeszcze miedzią, w miedzi cyną, w cynie ołowiem, w ołowiu cyną. Mosiądz, który się robi z miedzi i galmanu, od miedzi jest mocniejszy. Ale żelazo przymieszaniem cyny, a srebro przymieszaniem ołowiu, kruchém się staje i słabém. Nad to, wszystkie kruszcze klepaniem, zbijaniem stają się mocniejszymi, a czasem we dwoie albo we troie więcej, iak po odlaniu byty, zbyt zaś młotami bité, znowu pospolicie słabieją; tak i ołów kuciem staje się mocniejszy ale razem i rzadszy, z czego poznaemy, że moc ciał nie zawisła od ich gęstości. Ale i innych ciał spoięcie często się pomnaża ciscem, albo biąc, iako to sukién, które wałkowaniem prawie we dwoie stają się mocniejszymi.

§. VII.

§ VII.

Tęgość
w powro-
zach.

Fig. 66.

Strony i powrozy czasem z trudnością zginane i zwiłane bywać mogą: doświadczyć zaś ich można tęgości w następujący sposób. Wałek ABC obwin sznurkiem iedwabnym bardzo giętkim, i na jednym jego końcu E zawieś ciężar P, na drugim zaś szalę, na którą włoż ciężar pierwszemu równy; potem dodawaj ciężaru na szali dopóty, póki wałek około swęj osi poziomie utrzymaný nie zacznie się obracać, tym sposobem wynaydziesz cały ciężar, którego potrzeba użyć na przewyższenie tarcia w wałku, gdy go ciężar P z obu stron ciśnie (o tarciu nie bawiać mówić będziemy). Toż zdiawszy sznurek iedwabny okręć około wałka, powróż którego tęgość chcesz poznać, z obu jego końców też ciężary zawieś: to zrobiwszy znowu trzeba będzie przydać iaki ciężar na szali, którymby wałek zaczął się obracać, ten nowo przydany ciężar, będzie równy przeszkodzie, którą jest z tęgości powroza. Tym sposobem doświadczone, iż w tymże samym powrozie pomnaża się tęgość prawie tak, iak ciężar P, pomnaża się daley większem zginaniem: im bowiem mniejszy jest wałek ACB, a zatem im większa jest wałka i powroza krzywość, tém większego potrzeba ciężaru strony D, żeby wałek począł się kręcić, że dwóch powrozów wcale sobie podobnych, grub-
szy

szy jest tęższym, a to w stósunku grubości; jeżeli bowiem średnice powrozów są iak 1: 2 albo iak 1: 3 a oba równy ciężar P wyciąga, będą też przeszkody w obwiłaniu obu, iak 1: 2 albo 1: 3. Zaczem gdy liczba włókien grubszego powroza, który ma średnicę 2, jest do liczby włókien cieńszego, którego średnica 1, iak 4: 1, idzie stąd, że jeżeli każde z osobna włókno w jednym powrozie iednakowa siła ma ciągnąć iak i w drugim, na grubszym powrozie trzeba zawieś ciężar 4P, na cieńszym P, w tym-racie zaś tęgość pierwszego do tęgości drugiego będzie, iak 8P: P = 8: 1. Podobnymże sposobem, gdy każde z osobna włókna w powrozie, którego średnica jest 3, ma bywać ciągnięte siłą równą, iak włókna w powrozie mającym średnicę 1, trzeba zawiesić na pierwszym ciężar 9P, a zatem tęgość grubszego, będzie do tęgości cieńszego iak 27: 1. I tak ogólnie się pokazuje, że jeżeli dwóch powrozów zewszach miar do siebie podobnych, ale nie iednakowo grubych, każde z osobna włókno równie jest nąężone, że mówię tych powrozów tęgości będą w stósunku sześciatów z średnic.

§ VIII.

Bardzo wiele ciał tegich łatwo się łamie, choć miernie ię zginamy, ta siła, którą Względna się opieraia w łamaniu nazywa się ich siłą spoy-
spoyności względna, (vis coherentiæ relativa).

ności
w ciałach.

Fig. 61.

tiva). Między takowemi ciałami, osobliwego zastanowienia godne są balki, w zginaniu podobne są powrozom tegim, gdyż równie iako i powrozy z włókien się składają. Balki poziomé długością, jest ten rozmiar, który idzie kierunkiem włókien w drzewie, wysokością zaś jest wymiar pionowy, a szerokością poziomy, tak wysokość iako i szerokość, jest prostopadłą do długości. Względna zaś siła w balce poziomé, która ma oba końce dobrze podparté równą się summie z połowy ciężaru balki, i z połowy ciężaru, który pośród balki ma być zawieszonym żeby się zaczęła łamać. Niech albowiem AB będzie linią poziomą, tęgą i iednakowo ciężką, w końcach A i B podpartą, rozdzielwszy ją na dwie części równé $AC = BC$. Obie te części będą dzwigniami prostémi i równémi. Punkt zaś C dzwigni BC, przez swój ciężar R, tym samym sposobem na dół idzie, iak gdyby tenże ciężar był zawieszony tam, gdzie szrodek ciężkości E w dzwigni przypada, (Xię. II. Rozd. III. 2.). A zatem trzeba go podnosić siłą $\frac{1}{2}R$, żeby dzwignia zostawała w równoważności (Xię. II. Rozd. III. 5.). Podobnymże sposobem punkt C w dzwigni AC równą siłą ma być podnoszony. Zaczém punkt C na szrodku linii AB przyciśniony jest ciężarem $\frac{1}{2}R$, cały linii tak, iak gdyby na nim zawieszony był ciężar $\frac{1}{2}R +$

$\frac{1}{2}R + \frac{1}{2}R$, czyli R a w saméj linii iak gdyby żadnego nie było ciężaru. Zaczém i pół tego, co waży balki, dodać należy do owégo ciężaru, którym się łamać zaczyna; gdyż względna siła spoięcia w balkach, jest równa summie tych ciężarów, albo raczén bardzo nie wiele od niéy mnieysza.

§ IX.

Balka poziomą, ciężarem posrząd niéy zawieszonym zginą się w cały swéj długości, to jest, od iednego końca podpartégo aż do drugiego: bo przeciąg iéy między obu rzeczonych końcami, długością balki podparty nazywamy. Jeżeli zaś srzedni punkt O na osi balki pozioméj, któryéj długość jest AB, zniżył się na C poprowadziwszy linię AB, BC łatwo poznać można, że dla wielkiey w balkach tegości, oś ich skrzywioną bardzo mało odstąpić może od linii ACB. Zaczém jeżeli oś balki dłuższyć DE, podobnie się zniży na F, tak że jest $DF : DC = DE : DB$, skrzywienia rzeczonych bialek, tak się prawie mają iak łuki kolisté równoodległe przez punkta A, C, B i D, E, F poprowadzone, gdyż pospolicie balki miernie tylko nagięte łamią się, a zatem strzały OC, OF, bialek skrzywionych wprawdzie, ale nie złamanych, są zawsze małe względem długości AB, DE. Zaczém krzywość balki dłuższyć zawsze mnieyszą będzie niż balki krótszén. A przeto jeżeli te balki

Względne siły spoyności w balkach iednakowo grubych i podobnych, są w stosunku nieco większym niż odwrótnym długości bialek.

Fig. 62.

wcale

wcale podobne będą i jednakowo grube, to jest równie wysokie i szerokie, pewnie tak się do siebie będą miały, jak powrozy tegie i jednakowo grube: takowe zaś powrozy więcej oporu czynią większą krzywosci niż mniejszy (7.). Zaczem jest rzeczą dowodzić, że z balek wcale podobnych jednakowo długich i szerokich, dłuższa mniejszą siłą zgięta, a zatem i złamana być może. Wiadomo zaś jest z samego doświadczenia, że się tak rzecz ma, iż siła spoięcia względna w białkach, przynajmniej w dębowych, w trochę większym stosunku zmniejsza się, jak jest ten, w którym długości białek przybywa. Tak z pomiędzy białek dębowych wcale podobnych na 5 cali stopy Paryzkiej, szerokich i długich, ta się złamała, która była na 7 stóp Paryzkich długa, w przeciągu blisko iednej godziny ciężarém 11,500 funtów Paryzkich, 14 stóp długa 5300, a 28 stóp długa, 1780 funtami Paryzkiemi: ciężar zaś samych białek był 92, 177 i 362 funtów, (Buffon Experiences sur la force du bois). Zaczem siły spoięcia względne w tych białkach miały stosunek 5,9; 2,7. i 1. (8.) długości zaś jak 1, 2, 4 między sobą były.

§. - X.

Względne
siły spoy-
ności

Ale dwie białki wcale podobne, równie długie i poziome i w końcach swoich podparté, gdy ich szrodki jednakowym ciężarém

rém ciśniemy, iednakowo téż się zginają. Zaczem jeżeli iedna białka A n. p. na 6, druga B. na 3 cale jest wysoka i szeroka, tegość pierwszy do tegości drugiéj, podług wszelkiego podobieństwa, będzie w stosunku sześciu do długości albo z wysokości, to jest jak 8: 1, bo w obu iako podobnych sobie włókna są równie naciągnięte (7.). Zaczem siły spoięcia względne P i Q rzeczonych białek podobnie będą w tymże samym stosunku, co téż i doświadczenie pokazuje: albowiem z pomiędzy białek dębowych podobnych długich na 12 stóp, iedna która była na 4 cale wysoka i szeroka, a ważyła 99 funtów Paryzkich, złamała się ciężarém 2987 funtów, druga zaś na 8 cali, wysoka i szeroka a 396 funtów wążąc, ciężarém 23450 funtów. Zaczem siły spoyności względne w tych białkach były prawie jak 1: 8. Lecz jeżeli trzeciéj białki C równą długość mającéj a do białek A i B wcale podobnéj, wysokość jest 6, szerokość tylko 3. cale, łatwo zrozumieć można, że téj siły spoyności względne jest do siły spoyności względnej w białce A jak 1: 2 a zatem = 4P; gdyż białka A równa jest dwóm białkom C obok siebie położonym, i té białki ciśnione wcale iednakowym sposobem skrzywiaią się, czyli są złączone z sobą czyli nie są. Zaczem siły spoyności względne w białkach C i B są między sobą jak

w białkach
podo-
bnych i
iednako-
długich i
szerokich
są w stó-
sunku dwu
mnożnym
wysokości
balek.

iak 4:1, to jest, w stosunku dwumnożnym wysokości. I tak powszechnie okazać można, że balek podobnych równie długich i szerokich siły spoięcia względne są, jak kwadraty wysokości balek.

§. XI.

Jakim sposobem siła spójności względna danej bal-ki wyrażona być może.

Zaczem tęgosc balek wcale podobnych i równie długich, jest prawie w stosunku składowym z szerokości i z kwadratów wysokości, albo jak wieloczyn z szerokości przez kwadrat wysokości. A że w bal-kach podobnych i jednakowo grubych tęgosc jest w trochę większym stosunku, niż w odwrotnym długości (9.) łatwo wyrozumieć można, iż doszedłszy mocy w mniejszym graniastosłupie drewnianym, może być wynaleziona przez rachunek, blisko prawdziwie tęgosc graniastosłupa podobnego. Graniastosłupek dębowy n. p. na jeden cal szeroki i wysoki, a na 3. stopy długi przelamany został ciężarem 260 funtów Paryzkich. Dajmy więc, że w jnnéy małej balce bardzo podobnéj do tamtéj, równie grubéj, ale na 12 stóp długiej tęgosc jest do mocy graniastosłupa, jak 1: 5, 9. (9.); pominawszy iéy własną ciężkość, następuje, że powinna się złamać ciężarem prawie 44 funtów. Zaczem podobna balka dębowa 12 stóp długa, a 8 calów wysoka i szeroka, złamie się 44, 8. 8. 8, to jest: 22, 528. funtami. A że złamana była w saméy rzeczy ciężarem blisko

blisko 24000 funtów (Buffon). Zatem stąd także pokazuje się, że każda balka nierówne boki mająca większy ciężar włożony wytrzyma, gdy się ciężar położy na boku miąższym niżeli na szerszym. Nad to, balka mocniejsza się staie, częścią przez pale podstawione, czyli przez podpory, gdyż tym sposobem niby na wiele balek podzieliła się, których długość taka jest jaką odległość podpór (9.) częścią gdy w jakimkolwiek sposób tak jest związana z jnnémi balkami, że inaczej się złamać nie może, chyba z jnnémi spólnie złamana będzie. Balka obu końcami w mur wpuszczona, nie jest znacznie mocniejsza, jak gdy na dwóch podporach obu końcami wolnie leży, co doświadczenie potwierdza. Balka cała iednostajnie ziemią, albo piaskiem, albo w jnný jakikolwiek sposób obładowana, tak się ma, jak gdyby sama cięższą się stała, a żaden ciężar na nią nie był włożony. Zaczem jeżeli ow cały ciężar obładowania razem z ciężarem całej balki jest R, tymże samym sposobem obciążona jest balka, jak gdyby pośrodku iéy miał ciężar $\frac{1}{2}R$, (8.) a zatem gdy tak iednostajnie podzielony jest ciężar, we dwoie więcej wytrzymać może niżby wstrzymała mając cały ciężar po środku siebie zawieszony.

§. XII.

Podstawę każdéy kłody, czyli przecięcie do osi kłody prostopadłe można brać
Najlepszy za

kształt ba-
lek.

Fig. 63.

za koło, a podstawę każdej balki wyciesza-
nuy z owęy kłody prostokąt w tym ko-
le wpisany. A że nieskończona liczba ta-
kich prostokątów w tymże samym kole
AEF wpisanych być może, iaki jest pro-
stokąt ABDC, z których każdego prze-
kątia CB, równa się średnicy koła.
Zaczem z kłód. wcale równych różné bal-
ki wyrabiać można inż szersze, inż
wyższe. Jeżeli zaś chcemy wiedzieć,
któraży balka między innemi naysłuszego
kształtu była, szukamy iaki stósunek mię-
dzy szerokością i wysokością balki, któ-
rę przekątna jest nam wiadoma być
powinién, ażeby też balka stała się iak náy-
mocniejszą, używszy rachunku, znajdziemy,
że rzeczony stósunek szerokości do
wysokości jest $= 1 \sqrt{2} = (b)$; z czego się
poka-

(b) Dámy, że $CB = 1$, a będzie bok CD zawsze
mniejszy od iedności, z d. daniem, albo nie-
ciem ułomka q , jeżeli przypuszczamy, że
 $CD = \frac{1}{3} + q$ a tak będzie $DB^2 = \frac{1}{3} + q$, a moc
w balce, która má być z kłody wyrobioná,
(gdy długość teyże balki jest iednakowá) iak
 $DB^2 \cdot CD$ (§. II.) $= (\frac{1}{3} + q) \sqrt{(\frac{1}{3} + q)}$
Zaczem f^2 jest iak $(\frac{4}{9} + \frac{4}{3}q + q^2)$, $(\frac{1}{3} + q)$
 $= \frac{4}{27} - q^2 + q^3$. Zetedy q wyrażá ułomek,
będzie zawsze $q^2 > q^3$ a zatem $-q^2 + q^3$
zawsze ilościá odiemną, a przeto f^2 jest za-
wsze ilość mnieyszą niż $\frac{4}{27}$ bądź q znaczy ilość
odiemną, bądź dodatną. Zaczem 2 , a przeto
i moc

pokazuje, że wszystkich balek, których
w budowlu używamy, tén kształt być
powinién, ażeby stósunek szerokości do
wysokości przypadáł, między stósunkami
 $2:3$ i $3:4$.

§. XIII.

Jeżeli iaką balkę dużym ciężarém zna-
cznie skrzywimy, i tak skrzywioná zosta-
nie przez czas dosyć długi n. p. przez kil-
ka miesięcy ciągle, złámie się na koniec,
ehociaż ciężar którym ją ciśniemy nie
przechodzi dwóch trzecich części więsz-
go ciężaru, którego użyć potrzeba było,
gdybyśmy balkę w przeciagu kilku godzin
złámá chcieli. Tego skutku pewnie nie
inná jest przyczyna, tylko że drzewa i
wiele innych ciał długo ciśnione albo cią-
gnione, część swoięy sprężystości tracą,
przez zginanie zaś balki się natężają i roz-
ciągają. Ze bowiem siła, którą balki
w łomaniu opór czynią po części od ich
sprężystości zależy, a przez sprężystość
tém mocnię się wspierają, im więcy
w nich natężenia i podłużenia przybywá,
(1.) nie jest rzeczą dziwną, iż przez
ustawiczne zginanie nieiaką część swęy
sprężystości utraciwszy łatwiej zgietmi,
P a za-

i moc f balki jest náywięszá, gdy $q = 0$. W tén
czas albowiem f^2 jest iak $\frac{4}{27}$; CD^2 zaś $= \frac{1}{3}$;
 $CD = \sqrt{\frac{1}{3}}$ DB zaś $= \sqrt{\frac{2}{3}}$, a zatem $CD:$
 $DB = \sqrt{\frac{1}{3}}:\sqrt{\frac{2}{3}} = 1:\sqrt{2}$.

a zatem i złamaniami być mogą. Przeto też balka którą wciąż przez kilka miesięcy ciężar przywieszony znacznie krzywił ale nie złamał, potem daleko jest słabsza, niż była pierwéj; gdyż równym ciężarém, owszém i mniejszym naciśniona znowu często wkrótce się łamie. Zaczém w budowlach długo stać mających, nigdy nie trzeba obciążować balek większym ciężarém, iak tylko połową, którymby podług wyrachowania i doświadczenia złamaniami być mogły w przeciągu kilku godzin. Balki nawet równé podług różnego drzewa rodzaju, z których się robią, iuż mniejszym iuż większym ciężarém łamią się. Tak balki z drzew młodych słabsze są, niż balki wyrobione z drzew które przysły iuż do pewnego stopnia dojrzałości, drewna z gałęzi albo z samego wierzchołku kłodziny słabsze są od drewna odtiomka, drzewo od kory słabsze jest, niż drzewo od drżenia, także drzewa uschté słabsze są od żywych. Oprócz tego przez sęki i przez inne włókien przzerwiania drzewa stają się znacznie słabszemi a czasem przez samę ziemię, na której rosną.

§. XIV.

Są niektóre ciała, w które wbiłając klin, albo rzecz klinowi podobną, łupią się dosyć daleko, albo też na wielę się części rozlatują, zwłaszcza gdy klin uderzeniem

Ciała łupne i chropowate.

niem wpędzamy w nie a nie ciśnieniem; przyczyna tego zdaie się być, że części rzeczonych ciał niby iakiemi nitkami naciągniętymi są złączone, które to nitki podługone i targnione rozrywają się i zerwane kurczą się, tak właśnie iako i strony naciężone gdy się rwia, części ich wstecz odskakują. Z tych ciał jedne pewnym tylko kierunkiem szczepiają się iako to drzewa i kamienie łupkie (schisty) i te łupkami nazywamy, drugie raz iednym, drugi raz innym kierunkiem na wielę się części rozlatują, iak szkło, cukier, półkruszcze, i te chropowatemi nazywamy (des corps ajgres). Z obu tych rodzajów ciała są twarde i sprężyste, często się łupiają, nawet w tén czas kiedy niektóre ich części bardziéj się podługają, albo skurczą niż inne, byleby tylko ta nierówność w przedłużeniu albo skurczeniu dosyć wielka zaszła. I tak deski gdy z jednéj strony znacznie bardziéj od ciepła wyschną niż z drugiéj, często z wielkim hukiem pękają się, gdyż na tén czas włókna w nich bardzo nie równo są ściskane (Wstęp XIV. 17.). Tak i naczynia szklane albo gliniane, za wlaniem wody wrzacej pękają się pospolicie, bo ciepło części ich wnętrzné bardzo rozciąga (Wstęp XIV. 16.). Podobną jest rzecz do prawdy, że z téjże przyczyny i od gwałtownego dźwięku szkła się rysują a czasem i pękają

(III. Rozd. I. 12.) ; gdyż przez dźwięki iedno brzmiać wiele cząstek we szkłe ruchu nabywa, a zatém iedną z nich skrzywiaia się i podłużaia, gdy drugie są nieporuszone. Przeto i ciała, które się łatwo rozpryskuia, nader kruche bywać zwykły, bo ich części ledwo mogą bydz niejednostaynie podłużonemi, żeby się nie popsufy.

§. XV.

Szkła i wiele innych ciał twardych przez natężenie gorąca miękkieią się i giętkieią staja, zimnem zaś twardnieią i teżeia. Mianowicie szkło stopione, gdy z nagła stygnie, to albo samo przez się pęka twardnieiać, albo też bardzo małą siłą kruszy się w drobne cząstki. Takim albowiem sposobem studzone zewnątrz bardzo prędko, wewnątrz zaś bardzo powoli stygnie, a zatém jeszcze ogniem niemal pała, gdy zewnątrz już jest zimne, przez co części jego nader niejednostaynie podłużenia nabywaia i włókna którei są spoione, bardzo wielka siła wypręża. Takiey zaś siły szkło tym sposobem nabywa, znać to na owych kroplach szklanych; które łzami szklannemi (lachrymæ vitreæ) zowiemy, te robia się kapaniem szkła roztopionego w wodę zimną. Składaia się z główki A, i z cieńkiego ogónka B, który skruszywszy cała łzownica w proch się rozsypuie, a to jeszcze z taką siłą, iż na-

czynić

Fig. 64.

Łzyszkla-
né i łasze-
czki Bo-
nońskié.

czynić szklanné wodę napełnione cząstka-
mi łzownicy rozprysnionemi, często
przeździurawione zostaja; gdy główka téy-
żé łzownicy, w niem zanurzona pryska.
Naywiększa chropowatość owęyszklannę
kropki zdaie się zaydować w częściach
ię wnetrznych które naypoźniey ostygły.
Bo można uderzać, drapać, owszem zwierz-
chu osła główkę przycierać, a łzownica się
nie kruszy. Lecz jeżeli koniec ogónka
zginamy, i tym spoobem wnetrzne nitki
w kropki bardziey się podłużaia niż ze-
wnetrzne, kropka natychmiast się kruszy,
a to nie tylko w powietrzu, ale i na miey-
scu od powietrza próżném. Rzeczona
kropka szklanna mocno rozgrzana, a potem
zwolna ostudzona traci tę osobliwą wła-
sność i za ułamaniem ogónka w proch się
nie rozsypuie: łzownicom są podobne owe
łaszeczki szklanne wielkie Bononськіmi
zwané, które Hutnicy, gdy w nich jeszcze
szkło od gorąca prawie jest ciekłe na wol-
né powietrze wystawia, aby z nagła osty-
gły. Bo dotych łaszczynek przez szybkę
wpuściwszy kawałek krzemienia dosyć
ostry, iżby dno rysował: toż dno acz jest
grube, natychmiast się pęka i wypada, gdy
zewnątrz łaskę można drapać i uderzać
bez stłuczenia; gdyż krzemieniem
przerznięte nitki wewnątrz łaszczki,
naymocniey wyprężone, potężnie się kur-
czą, a tak dno rozrywaia.

Fig. 65.

XVI.

§. XVI.

Ciała
twardé i
miękkie.

Wszelkie ciało, które mierną siłą znacznie ściśnione być może, nazywa się *miękkim*, które zaś tak znacznie się nie ściska *twardem*. Wszystkie albowiem ciała mniej lub więcej ściskane być mogą nawet najtwardsze (Xię. III. Rozd. II. 10.). Ciała miękkie są dwoiakiego rodzaju: w pierwszym rachujemy te, które przez ściśnienie stłaczają się i gęszczą, iako to: glina mokra, śnieg, piłka, poduszka i t. d. w drugim ciała których części ciśnieniu uступują, ale nie stłaczają się n. p. woda, i bardzo wiele innych ciał ciekłych, albo ciepłem zmiekkzonych, które pocisnione rozptywiają się, albo rozciągają albo w górę idą, a żadney odmianie w rozciągu swoim nie podpadają. Przeto same ciała stałe na twarde i miękkie dzielić się mogą: bo wszystkie ciała ciekłe są miękkimi drugiego rodzaju. Ale i te albo się mogą zgęszczać, iako to powietrze, albo nie mogą, iako woda (Wstęp X. r.), pęcherz zaś albo inné naczynie giętkie cieczą zupełnie napełnione jest na kształt ciała twardego, gdy ciecz zgęszczać się nie może, a na kształt miękkiego, gdy przez mierné pocisnienie znacznie się ściska. Ciało miękkie pierwszego rodzaju, które też miękkim bez żadnego dodatku zowiemy, bądź jest sprężystym bądź nie jest, pewną siłą, w pewney tylko części zgęszczone być

być może, ale zgęszcza się tém bardziéj, im większa siła je ściska. Z czego się pokazuje, iż takowé ciało czyli jest sprężystym, czyli nie jest, opiera się ściśnieniu, i jeszcze tém mocniéj, im go bardziéj ściskamy, przez ściśnienie zaś staje się twardszém. Tak z doświadczenia mamy, że w budowaniu, albo w biciu pałów, nie tylko glina, ale i inné gatunki ziemi tém bardziéj twardnieją, im są mocniéj przyściśnione. Przeto ciała jednakowo miękkie tém bardziéj się zgęszczą, im z większą siłą mocniéj je ściskamy, nie jednakowo zaś miękkie równemi siłami tém więcéj im są miękkszymi, tak dalece że miękkość w ciałach jest w stosunku składowym z prostego gestości, a z odwrotnego sił, któremi się ciała zgęszczają.

§. XVII.

Gdy kula twarda na powierzchnię poziomą gliny miękkiey i wilgotney pionowo spada, doświadczenie pokazuje, iż głębokości, do których też kula z miernéy już większéy, już mniejszéy wysokości spadłszy, w glinę się wbiła, są w stosunku wysokości spadku. Kula albowiem w glinę wchodząc zgęszcza ją i przebiła. Ze zaś siła pojęcia w mokréy glinie jest tylko mała, odpór iéj pewnie najwięcéj od samey gestości pochodzić będzie, przeto tém większym się stanie, im glina bardziéj jest zgęszczona, i to im z wyższego miejsca ku-

Odpór ciała ciśnieniem zgęszczającego się.

Fig. 41.

la spada. Jest więc rzeczą dowodliwą, że spadanie kuli będzie podobne ruchowi strony, która także tém mocnić się skurczy, im bardziey od położenia sobie właściwego przez nateżenie odstepuje (Roz. I. L. 2.) albo też ruchowi wahadła, które z punktu najniższego N. przez tak bardzo mały łuczek NM, albo ML idzie w górę. Gdy bowiem te łuki są bardzo małe, mogą być poczytane za linie proste, a zatem poprowadziwszy linie poziome LQ, MP, prawie będzie LN: MN = QN: PN. Są zaś QN, PN wysokościami, od których zawisły początkowe prędkości na N, a zatem są w stosunku kwadratów z tychże wysokości. Zaczem gdy przez łuki NM, i NL wyrażają się głębokości dołków w glinie, iasna jest rzecz, że te głębokości powinny prawie być w stosunku z wysokościami, z których kula spada, albo w stosunku z kwadratami prędkości, z którymi kula w powierzchnią gliny uderza.

§. XVIII.

Lecz jeżeli kula z pistoletu wystrzelona w drzewo, albo w inne ciało, którego części mocno są spójne wchodzi, odpór w takim ciele pewnie od rozrywania tego cząstek nawięcey zależy. Ponieważ zaś każda z osobna cząstka z równą siłą opór czyni w rozrywaniu, iasna jest rzecz, iż całkowity ciała opór, tém większy będzie, im więcej cząstek w równym czasie rozer-

Odpór
ciał, któ-
rych czę-
ści, albo
się kruszą,
albo roz-
ciągają.

rozerwaniu podlega, to jest im z większą prędkością kula na powierzchnią ciała wpada. Podobnymże sposobem, jeżeli kula spada na powierzchnią poziomą piasku w kupę zgarnionego, odpór w tym razie będzie prawie w stosunku prędkości, z którą kula w powierzchnią piasku uderza. Kula bowiem uderzając w piasek na około go rozpięra i rozsypuje na boki a ledwie co zgęszcza. Zaczem z równą siłą wszędzie cząstki piasku opór czynią, a zatem cały opór od kupy piasku tém większy jest, im więcej się cząstek w jedynym czasie porusza, to jest im z większą prędkością kula w kupę piasku uderza. Lecz dwie kule zupełnie równe z niejedną prędkością prostopadle wchodzące bądź w drzewo, bądź w piasek, równie z swych prędkości tracą, gdy równie głęboko wchodzą, bo tyleż cząstek iedną rozerwała, z miejsca wyruszyła, ile i druga, a każda cząstka tyleż biegu w obu kulach ugięła. Zaczem jeżeli iedna kula z prędkością C, druga z prędkością 2C na powierzchnią ciała nabięga: pierwsza doszedłszy do głębokości P, cały bieg swój traci: druga w równę głębokości, jeszcze będzie miała prędkość C, a zatem do głębokości 2P dójdzie. Powszechnie zaś mówiąc łatwo wyrozumiemy, że głębokości wybitych dołków będą w stosunku z prędkościami początkowymi, co się też do-

doświadczeniem stwierdza. Jeżeli bowiem na proch stuczymy suchą glinę, albo kawał cegły, kule równe i podobne spadły na powierzchnią poziomą téj kupy prochu wybiłają dołki, których głębokości są w stosunku trochę tylko większym, niż początkowe kul prędkości; gdyż pewnie byłyby wcale w tym stosunku gdyby proch spadnięciem kuli razem trochę się nie zgęścił (17.).

§. XIX.

Jeżeli kula twarda mająca za srzodek C, nieprostopadłe ale ukośnym kierunkiem CI przez powierzchnią FI, ciała miękkiego P przechodzi; téj kuli nie tylko się prędkość odmięnia, ale i kierunek, iakiżkolwiek jest odpór ciała P. Rozdzieliwszy albowiem kuli bieg CI na inne dwa biegi do siebie prostopadłe FI i CF, iasna jest rzecz, że przez odpór ciała P nieiaka część n. p. FG, biegu CF ginie, skoro tylko kula do płaszczyzny IF dochodzi w punkcie najniższym F. Poprowadziwszy więc linią GH od linii FI równoodległą i równą, można pewnie poznać, iż kula zaraznie bież kierunkiem CH. Potém gdy kula niżéj powierzchni IF zstąpi, jeżeli płaszczyzna DE do kierunku kuli jest prostopadłą, przez srzodek zwolna coraz większa z połowy powierzchni kulistéj DAFE. podobnemuż odporowi podpada, iak punkt F, od powierzchni krzywéj i równéj ciała P,

Odporem
ciał bieg
się zwraca

Fig. 66.

P, która się styka ową cząstką powierzchni kulistéj. Ponieważ zaś bieg kuli równoodległy od powierzchni ciała P, nie może mieć przeszkody od tegoż ciała, a zatem odpór rzeczonego ciała na każdym punkcie jest tamże zwrócony ku C, średni kierunek, którym srzodek C, przez téż odpór w górę idzie, przypada między FC i IC. Zaczém téż srzodek pomalu co raz bardziéj odstepuje od linii CA w górę, a zatem przybiega linią krzywą COL. Ale skoro cała kula, aż do najwyższego punktu I na kole wielkim, które do kierunku kuli LN jest prostopadłym, zanurzy się pod powierzchnią IF, ow kierunek LN, więcéj się nie odmięnia: bo iak łatwo wyrozumieć można, średni kierunek odporu na przeciwko połowie powierzchni kulistéj IQM, która sama odpóróm ciała P podlega, przez średni punkt Q téżé powierzchni przechodzi, a zatem jest wprost przeciwny kierunkowi srzodek kuli LN. Zaczém kula która biegła w powietrzu linią prostą BC w drzewie, glinie, albo w jnném iakiém ciele gęstszym od powietrza, idzie linią LN, a zatem od prostopadléj CP odstepuje, tak iako i światło (Wstęp XI. 12.). Tak kule z pistoletów ukośnie wystrzelone w wodzie nawet zbijają się z swéj drogi, bo woda bardziéj przeszkadza ich biegóm, niż powietrze.

Fig. 67.

§. XX.

§. XX.

Ciało
twarde
prostopa-
dle spadł-
szy na in-
ne ciało
miększe
od siebie,
pospolicie
odbił się
od niego.

Jeżeli ciało twarde na inné miększe z małą prędkością prostopadłe na-biega, tedy od niego pospolicie się odbiła; gdyż ogólnie mówiąc, ciało uderzone skruszyć się, albo być przedziurawioném nie może, chyba że ciało uderzające z dosyć wielką prędkością bieży. Jeżeli prędkość jest przymniejsza, części ciała uderzonego nie rozrywaia się, ale się tylko stłaczaia (Xię. III. Rozd. II. 16. 17.). Zaczém ciało twarde z wolną wpadaiać na miększe, albo wcale żadnego w niem dołku nie robi, ale go stłacza tylko, i samo się ciężarem ściska i tym się sposobem odbiia, gdy jest sprężyste, choć tylko po części (Xię. III. Rozd. II. 18.) albo też dołek w niem robi i wbiia się, lecz nie głęboko, a w tym razie łatwo także odskoczyć może, i w samęy rzeczy odskakuie: bo prędkość iego przez odpór ciała miększego ustawicznie się zmniejsza, a zatém przy końcu biegu cząstki rzeczonego ciała, iuż się więcej nie rozrywaia, ale tylko stłaczaia. Tak kula ołowiana albo żelazna z mierną prędkością uderzaiać w pién odskakuie, bo go przedziurawić nie może, a nawet choć go trochę i przedziurawi, odskoczy iednak. Kula ołowiana, mająca średnicę $8\frac{1}{2}$ linii Paryzkich prędkością która 1600. stóp Paryzkich w jednéy sekundzie iednostaynie przebieđz może, z pi-
stole-

stoletu wystrzeloną prostopadłe w pién wiązowy wchodzi do głębokości $4\frac{7}{10}$ calów Paryzkich (Robins Artillerie). Zaczém taż sama kula z wysokości $3\frac{7}{10}$ stóp Paryzkich spadłszy, a zatém pozyskawszy taką prędkość, z któraby w jednéy sekundzie 16 stóp Paryzkich przebiegała (Xię. I. Rozd. V. 2.) gdyby mogła dziurawić pién, nie weszłaby wén głębię iak tylko na pół linii Paryzkiéy blisko, albo na półsetną cząstkę $4\frac{7}{10}$ calów stopy Paryz: (18.) a zatém łatwoby odskoczyć mogła, chociażby zostawiła nie wielki dołek w drzewie. A że biegąc z tą prędkością drzewa przedziurawić nie może, przeto odskakuie, a drzewo ściśnione sprężystością swoją znowu do dawného kształtu powraca, a żaden dołek w niem nie pozostaie. Wreszcie każdy łatwo wyrozumieć może, że odpór w ciałach przymiekszych ogólnie zależy od kształtu wielkości i ciężkości gatunkowéy ciał twardych (Wstęp X. 23.).

§. XXI.

Kule z dział woiónnych wystrzelone, wchodzą w ziemię, gdy w nią prostopadłe uderzaia, lecz odskakuia, gdy znacznie z ukosa w nią bia. Jeżeli bowiem kierunek kuli CI, do powierzchni ziemi FI pod kątem CIE dosyć małym, iest schyłony, prędkość CF, w biegu kuli prostopadłym do ziemi zawsze iest mała, a zatém i ku-

Gdy ciało
twarde na
miększe
wpada
bardzo u-
kośnie,

choćby
też z ną-
większą
prędkością,
tedy jednak
od niego
pospolicie
się odbija.

Fig. 63.

i kula małą tylko cząstką około F w ziemię wchodzi i w téj cząstce się stłacza i odskakuje (20.). Tak więc znowu pod nieco mniejszym kątem podnosi się (XIę. III. Rozd. II. 20.) i ciężarém swoim przebiegając, tak w ziemię bardzo z ukosa powtórnie uderza; (XIę. I. Rozd. VI. 8.). Tym sposobém kilka razy odskakując na każdym miejscu, w którym ziemi dopada, brózdę podługowatą zostawia, wręcz bardziey w biegu słabieje, a na koniec bieżąc przestaje. Kule z dział albo z pistoletów bardzo ukośnie wystrzelone, także od powierzchni morza, albo jeziora wielokrotnie wystrzelone odskakują, chociaż odpór z przedzielenia wody pochodzący jest bardzo mały, tak, że kula gdyby zgoła żadnego biegu nie miała, własnym ciężarém przez całą głębokość wody, na dno by poszła. Kula C wyrzucana z wielką prędkością, kierunkiem CD, mało co wyniesionym nad powierzchnią morza poziomą AB, przez znaczny przeciąg téżże powierzchni tak bieży, iż wielką ięć część widać nad wodą. Zaczém woda przed kulą niby górę FE czyniąc koło boków téżże kuli nazat sływa, i tém wyżey się podnosi, im jest większa prędkość kuli (Wstęp II. Rozd. II. 30.). Zaczém dopóki kula tak bieży woda po której płynie ustawicznie idą w górę podbija; gdyż słup pionowy FH GE zawsze jest wyższy,

wyższy od takowegoż słupa EG IA a zatem ten posłedni ustawicznie się podnosi. Przeto bieg pionowy w kuli iako bardzo mały, tym sposobém ginie, nakoniec ze wszystkiém i kula ściśnioną odbija się, byleby tylko wzniesienie wody na FE, dosyć wielkie było. Podobnymże sposobém i skorupki albo płaskie kamyki, któremi dzieci czasem dla rozrywki na powierzchni jeziora albo rzeki bardzo z ukosa rzucają, po wiele razy odskakują, a wreszcie za osłabieniem rzucenia toną.

ROZDZIAŁ V.

o tarcu

§. I.

Wszystkich zgoła ciał powierzchnie nie są zupełnie gładkie, nawet wygładzone i wypolerowane, i ta nierówność jeżeli nie samém okiem dojrzana, tedy przez drobnowidz postrzeżona być może. Zaczém gdy dwa ciała stykają się z sobą, i czyli własnym ciężarém, czyli inną jaką siłą do siebie są przyciśnione, cząstki styrczące jednego, wchodzą pomiędzy cząstki styrczące drugiego, przez co bieg ich, gdy je ciągniemy, albo poruszamy przeszkodę ponosi. Tę zaś przeszkodę w biegu tarcia nazywamy (Wstęp XIII. 4.) które tarcie jest dwójakiego rodzaju: często albo

Tarcie
pierwsze-
go i dru-
giego ro-
dzaju.

wiem

wiem przez wzmiankowaną niegładkość w powierzchniach z sobą się stykających nie tylko bieg ciałom udzielony, tamuje się albo osłabia, ale też nadto inny ruch kołowy w nich powstaje. Tym się sposobem koła wozowe, gdy wóz poziomie idzie, obracają. Gdy bowiem koło ziemi się dotyka na dole, w jednym tylko punkcie fizycznym pociągawszy wóz, części owego punktu styrczące wpadają na takowąż część ziemi, a koło na rzeczonym punkcie mimosrzedkowemu uderzeniu podlega, a zatem obraca się (XIę. III. Rozd. II. 21.). Podobnym sposobem kule także i inne rzeczy okrągłe na płaszczyźnie poziomé popędzone obracają się razem i biega. Zaczem tarcie drugiego rodzaju jest na ten czas, gdy przez chropowatość powierzchni i ich zetknięcie w jakim ciele powstaie ruch kołowy: pierwszego rodzaju, gdy żaden takowy ruch nie wynika. Ale trzeba to dobrze pamiętać, że ruch kołowy ciała które podlega tarcu drugiego rodzaju, od nierówności jego powierzchni, i od nierówności drogi, którą się toczy, pochodzić powinieli. Jeżeli bowiem ciało dla innej przyczyny obraca się, iako to blocek około swęj osi, gdy z jednéj jego strony większy ciężar, zawiesimy niż z drugiey, takie tarcie do pierwszego rodzaju należy.

§. II.

§. II.

Gdy ciało D kładziemy na tablicy AB nieruchoméj i poziomiej stojący to własnym ciężarém, albo też ciężarém sobie przydanym, ciśnie tablicę, a zatem ciągnięte na tablicy poziomiej, tarcu podlega, ani się zaczyna poruszać, chyba używszy znaczney siły, lubo od najmniejszey poruszyć by się powinno, gdyby tarcia nie było; zaczem przez samo tarcie poziomiej opiera się, i nieiako odciąga siłą równą téj sile, z którą pociągnięte zaczyna z miesca się poruszać. Poki albowiem ciągnie go siła, która tarcia nie przewyższa, ruszyć się nie może, lecz skoro owa siła co raz bardziéj lubo zwolna powiększana, nie co tarcie przewyższy, tedy zaraz ciało się porusza. Zaczem tę siłę zwolna pomnażaną, wtedy kiedy ciało bieżąc zaczyna sprawiedliwie poczytućmy za najbliższey wyrównywalną tarcu. Przeto gdy sznurek iedwabny przyczepimy do ciała, i ténże sznórek założymy na bloch C, w końcu tablicy wprawiony, można wyznaczyć wielkość tarcia przez zawieszony ciężar E. Bądź albowiem, że bieg ciała D podlega przeszkodzie od tarcia, które blok ma około swęj osi, przecięż ta przeszkoda, tak jest mała, iż zaniechaną być może, byleby tylko szerokość bloku, względem grubości osi, dosyć znaczna była, a obie powierzchnie należycie gładkie,

Q

gdyż

Jakim sposobem wyznaczoné bydz może tarcie przez ciężar którym ciało na tablicy poziomiej, trzeba ciągnąć, nim bieżąc zacznie

Fig. 62.

gdyż ogólnie wielkość tarcia nawet między ciałami zupełnie równemi i podobnemi, które wcale w jednakowy sposób poruszane bywają, znacznie już większą, już mniejszą postrzegamy, tak dalece, że iey dokładnie nigdy określić nie można, lecz tylko przez przybliżenie do granic, które ona przechodzi, lub nie dochodzi. Te zaś granice inaczej wynalezioné byź nie mogą, iak tylko przez wielé doświadczeń. Należyć bacznie na to mieć należy, żeby część sznórka FC była poziomą, bo ta tylko przeszkoda w biegu do tarcia należy, przez którą ciało kierunkiem powierzchni AB niby się wstecz cofa. To wszystko zachowawszy, gdy zawiesimy szalę na E, kładąc na nięć coraż więćć ciężarów, póki ciało z miejsca iść nie zacznie, summa tych ciężarów i ciężaru szali, będzie równą tarcia ciała D.

§. III.

Drugi sposób do wynalezienia tarcia jest takowy, ciężar P, ciała położonego na płaszczyźnie nachylonej pod kątem A do płaszczyzny poziomej można rozdzielić na dwie siły, na jedną V, przez którą ciało płaszczyznę cisnie, i która jest = P. dost. A. na drugą F = P Wsta: A, która nagli ciało do spadania (Xię. II. Roz. III. 16.). Za-

czém gdy jest P, $= \frac{V}{\text{dost. A.}}$ będzie F = Wsta.

V. Wsta. A = V. Stycz. A. Położywszy więc dosta. A

ciało na tablicy ruchomej, i podnosząc ię zwolna co raz bardziey nad płaszczyznę poziomą, jeżeli ciało po nięć spadać nie zaczyna, iedno w tén czas kiedy kąt nachylenia, między płaszczyzną poziomą i tablicą jest = r, toż ciało na téż tablicy poziomie siłą V Stycz. r pociągnione, zapewneby się ruszyło z miejsca, gdyby tablica była poziomą, a w cieie sam tylko ciężar P, dosta. r = V znajdował się. Zaczém tarcie ciała jest = V stycz. r (2). Tak gdy na desce miernie wyglądownej kładziemy graniastostup z drzewa albo z kruszczu zrobiony, nie bardzo ciężki, doświadczenie pokazuje, iż kąt r jest pospolicie od 18. stopniów nieco mniejszy. Gdy tedy styczna 18°. jest = 0, 32, idzie stąd, że tarcie pierwszego rodzaju takowych ciał pospolicie jest mniejsze od trzecięć części téj siły, z którą ciało płaszczyznę cisną.

§. IV.

I takie to mówiac ogólnie bywá tarcie pierwszego rodzaju, w drzewach, kruszczach, kamięniach, gdy powierzchnie tych ciał, ani są chropowate, ani z wielką dokładnością wyglądowną, ale miernie gładkie, gdy szerokość i długość powierzchni z sobą się stykających jest znaczna, ani tak szczupła, iżby ciała w częściach dotknięcia kończącami nazwać się mogły; gdy na ko-

Prawa tarcia pierwszego rodzaju.

niec i siła, która ciła iedne do drugiego przyciska, iest znaczna. Tę trzy warunki przypuściwszy postrzeżono, z wielu doświadczeń, że tarcie pierwszego rodzaju, między drzewami, kruszczami, i kamieniami, koniecznie nieco się powiększa, gdy powierzchnie z sobą zetkniętych znacznie przybywa, wszelako nąwzięcý zawisło od samey siły, którą ciła przyciska i téy siły pospolicie iest nąwzięcý trzecią częścią, a często ieszcze i mnieyszą, kształt zaś powierzchni, które się z sobą stykają, wcale nic do pomnożenia albo zmniejszenia tarcia nie wptywa; wreszcie bardzo ciężkich ciał których powierzchnia dotykająca się, iest mierna, tarcie daleko mniej wynosi niż trzecią część ciśnienia. Tak okręty na ziemi nowo zbudowane, przy spuszczeniu na morze własnym ciężarém zsuwać się zaczynają po płaszczyźnie $4\frac{1}{2}$ stopniami do poziomu nachylonéy, i tarcie ich nie dochodzi dwunastéy części ciśnienia, gdyż

$$\text{styczna } 4\frac{1}{2} = \frac{787}{10000}.$$

Co się zaś tycze ciał kończastych chropowatych, albo z wielką dokładnością wygładzonych, lub też bardzo gładkich, albo małą siłą do siebie przycisnionych, tych tarcie wprowadzie iest większe, niż w innych, iednakże tak niepewném bywać zwykło, iż go okréślić zgoła nie można.

§. V.

§. V.

Tarcie się zmniejsza przez gładzenie i polerowanie mierne, ale, przez bardzo wielkie, znowu się pomnaża: zmniejsza się też często wlewaniem ciecz pomiędzy powierzchnie zetknięte. Tak między kruszczami, tarcie łożiem albo olejem, między drzewami i kruszczami łożiem; między drzewem a drzewem mazią, albo mydłem, między drzewem i kamieniami woda się zmniejsza prawie na szóstą część. Lecz tarcie drzewa o drzewo pomnaża się olejem i w powszechności wszystkich ciał tarcie większem się staje, przez rozsypanie prochu czyli piasku, albo też gdy się ciała bardzo rozgrzeją (Wstęp XIII. 5.). Nad to tarcie między stalą i stalą, między mosiądzem i mosiądzem większe zachodzi niżeli między stalą i mosiądzem, a ogólnie mówiąc pospolicie dostrzegamy, że większe tarcie iest między ciałami iednego niż różnego rodzaju, ale nie zawsze; gdyż stal w drzewie większemu tarcu podlega, niż drzewo w drzewie, kruszców zaś z kruszczami mniejsze tarcie pospolicie bywać zwykło, niż drzewa z kruszczami, albo kruszców z drzewem, nąymniejsze iest między mosiądzem i stalą, a ledwie kiedy szóstą część siły cisnącý przechodzi, gdy iest z pierwszego rodzaju. Są też niektóre drzew rodzaje, na których powierzchnie żyłki styrczą, twardsze od innych cząstek drze-

Przez co
się tarcie
powiększa
albo
zmniejsza.

drzewa iako to: w jodle w sośnie; w takich drzewach tarcie jest bardzo wielkie, i często połowę ciśnienia przechodzi, gdy ciężar na nich położony ciągniemy, albo popychamy kierunkiem do żyłek prostopadłym, inaczej się dzieje gdy go toczymy. W innych zaś drzew rodzajach tarcie prawie jest zawsze jednakowe, bądź po nich tym albo owym kierunkiem ciężar położony suniemy.

§. VI.

Przyczyna
tarcia pier-
wszego ro-
dzaju.

Jeżeli jedno ciało ciśnie drugie, i razem po jego powierzchni bieżą, cząstki styrczące powierzchni zetkniętych niektóre się stłaczają, drugie się kruszą i odrywają, co bez wątpienia jest przyczyną tarcia. Gdyby tylko styrczące się cząstki zniżały, tarcie zupełnieby było w stosunku ciśnienia, bo cząstki ciał tych, sprężystością swoją tym mocniej się opierały, im bardziej są ściśnione. I w takowym razie nie trzeba by mieć żadnego względu na powierzchnie. Albowiem całkowite ciśnienie na powierzchnią jest iak mnogość ściśnienia, któremu każdy punkt powierzchni podlega, przez liczbę punktów, to jest przez powierzchnią. W tymże samym stosunku byłoby i tarcie, to jest tym większe im większy opór każdego punktu, i liczba punktów większa. Zaczem tarcie byłoby zawsze w stosunku całego ciśnienia, tak w powierzchni mniejszej, iako i w większej.

Ale

Ale gdyby wszystkie cząstki kruszyły się albo odrywały, każda by z nich z pewną i okryśłą siłą opór czyniła, a zatem do przewyciężenia tego oporu tym większy by siły potrzeba było, im większa liczba cząstek znajdowała się. Zaczem wielkość tarcia w tym razie zależałaby od samej wielkości owych powierzchni któremi się ciała z sobą stykały. Ponieważ tedy tarcie pierwszego rodzaju pospolicie największe zależy od ciśnienia, a najmniey od powierzchni, iawną jest rzecz, iż cząstki styrczące gdy jedno ciało po drugim bieżą po większej części nie kruszą się, ale stłaczają. Jeżeli zaś ciało poruszone natychmiast cięższem się staie bez powiększenia swęj powierzchni zetkniętej, tedy cząstki styrczące z taką siłą cisnąć powinny, iżby ich bardzo wiele straciwszy spoienie, odrywało się albo kruszyło. Potem jeżeli nie przestaniemy przyczyniać ciężaru w cieło, iawnie widać, że się jego tarcie ledwie co pomnaża, a prawie jednakowe zostaje; zaczem też tym mniejszą jest cząstką całkowitego ciśnienia, im też ciśnienie bardziej się pomnożyło. I ta jest dowodliwa przyczyna, dla której ciała bardzo ciężkich, które mierną powierzchnią się dotykają, tarcie tak małe pospolicie jest cząstką całkowitego ciśnienia.

§. VII.

Jeżeli krążka EFD, srzodek C na płaszczynie pionowej jest umocowany sam zaś

Tarcie
krą-

drugiego
rodzaju.

Fig. 70.

krażek tablicy albo linii pionowey AB dotykający się na D siłą zewnętrzną pociągamy kierunkiem styczney FG, a przeto obraca się tarcie około D, do pierwszego rodzaju należy. Bo krażek ciężarém swoim ciśnie linią AB, i cząstki jego około D kierunkiem téjże linii biega. Tému zaś biegowi linia się opiera, a przez tarcie żaden inny bieg nowy nie powstaie, lecz jeżeli nie krażek, ale linia AB ciągniemy kierunkiem AB, cząstki styrczące krażka popędzone będą od cząstek styrczących w linii około D, a tak krażek około punktu C ruchomy obracać się zacznie, i to jeszcze, gdy przeszkody do obrotu nie ma, tymże samym kierunkiem, i z tą samą prędkością c, z którą linia AB uchodzi, bo cząstki z sobą zetknięte nie z inną, tylko z jednakową prędkością c, i iednymże kierunkiem bieżć mogą. Dajmy teraz, że linia AB leży na téjże samej płaszczyźnie, do której srzodek krażka przybity, i że ta płaszczyzna pionowa bieży z prędkością c, kierunkiem przeciwnym BA, a iawna jest rzecz, iż ten bieg żadney odmiany sprawić nie może w obrocie krażka. W takowym zaś razie krażek postępować będzie biegiem składanym z prędkością c, ku BA, i razém z tą samą prędkością c, obracać się będzie kierunkiem wprost przeciwnym, linia zaś AB spocznie. Zaczém krażek pionowy na tablicy nieruchomey postąpiwszy z prędkością c, kierun-

kierunkiem którymkolwiek od tablicy równoodległym, razém obracać się będzie, jeżeli do obrotu nie masz przeszkody, z tą samą prędkością c, ale kierunkiem wprost przeciwnym, tarcie zaś któremu na tablicy podlega, będzie tarcie drugiego rodzaju, bo przez nierówność powierzchni z sobą się stykających nowy bieg kołowani w kręgu powstaie.

§. VIII.

Ogólnie mówiąc, tarcie drugiego rodzaju mnieysze jest od tarcia pierwszego rodzaju. Z samych wozów i karęt można to poznać które daleko łatwiej biega kołami wolnemi, iak zahamowaniem; bo tarcie w kołach wolnych jest drugiego rodzaju, gdy się wolnie obracają, pierwszego zaś rodzaju w kołach zahamowanych. Podobnież kula, albo wałek gdy się wolnie toczyć może, skoro go siła choć nymniejszy na płaszczyźnie ruszy, wstecz się potaczać zaczyna, albo własnym ciężarém spada, gdy płaszczyzna choć trochę ma pochyłości. Zaczém w poruszaniu ciężarów wiele jest ulgi, gdy tarcie pierwszego rodzaju przemieniamy na tarcie drugiego. Tak pod ciężary bardzo znaczne, walce albo kule podkładaia, gdy potrzeba ich przepchać, albo przeciagnąć z miejsca na miejsce. Różne są gatunki tarcia drugiego rodzaju, bo niektóre ciała, bądź dla przeszkody zewnętrzney, bądź dla swego kształtu mniej wolnie na wszystkie

Tarcie drugiego rodzaju jest mnieysze, niż tarcie pierwszego rodzaju.

stkie strony ruszane być mogą, a zatem większemu tarcia podlegają, niż inne. Tak tarcie drugiego rodzaju, gdy inne okoliczności są równe, mniejsze jest w kuli, a nieco większe w walce. Gdyż kula może być wolnie taczana na wszystkie strony iakożkolwiek ją popędzimy, ale wałek popychać trzeba samem kierowaniem do jego osi prostopadłem.

§. IX.

Jeżeli po jednej stronie blochu zawieszamy ciężar M , po drugiej ciężar $M + N$ a N dosyć ma wagi, bloch się obraca i ciężar $M + N$ nadół idzie, ciężar zaś M z taką samą prędkością w górę postępuje. A że ten cały bieg pochodzi od ciała N , gdyby bloch stałby w równoważności, gdyby z obu stron równe ciężary wisiały M i N . Przeto jeżeli się którą ciężkość wywierą na każdy punkt ciała N . (my tę siłę pierwiastkową *elementaris* mianujemy, bo ona pierwiastki ciał, czyli każdy z osobna punkt porusza) nazwiemy G , będzie siła całkowita od której wszystek bieg ciężarów M i $M + N$ pochodzi $= GN$. Zaczem rozdzielwszy siłę całkowitą przez liczbę wszystkich punktów, które z równą prędkością biega, to jest przez $2M + N$ mamy siłę pierwiastkową $\frac{GN}{2M+N}$ z którą każdy punkt w obu ciałach rzeczywiście bieży. Zaczem

Tarcie nie zależy od prędkości w biegu.

czem ta siła jest do siły ciężkości G , iak N do $2M + N$, a zatem iednostayną (lubo stosunek $N : 2M + N$ jest stały) a bieg ciężarów M i $M + N$ iednostaynie przyspieszony; ponieważ rzeczony ciężary tak się poruszają iak gdyby spadały na płaszczyźnie pochyłej, której wysokość jest do długości, iak N do $2M + N$ (XIę. II. Roz. I. z.). Toż jeżeli sznurek, na którym się ciężary zawieszają, jest bardzo giętki, tak że tęgość jego bez błędu może być zaniechana w miejscu od powietrza próżnem, samo tarcie blochu około swęty osi biegowi ciał zawieszonych znacznie przeszkadzać może. Trzeba bez wątpienia odciągać tarcie od siły całkowitej GN że zaś ta siła jest iednostayną, idzie stąd, że i pozostała siła będzie iednostayną, i bieg ciał zawieszonych iednostaynie przyspieszony dopóty, dopóki się tarcie nie ołmięni. Jeżeli zaś za przybyciem prędkości w tych ciałach, tarcie w blochu albo się powiększa, albo zmniejsza znacznie, w ten czas bieg ciał iednostaynie przyspieszony być nie może. Z tych zaś rzeczy, któreśmy wyżej o spadaniu ciał powiedzieli, wyrozumieć można, że biegowi ciał kolistych iednostaynie przyspieszonemu, byleby tylko ciała gatunkowo mocno ciężkie były, a nie bardzo prędko spadały odpór powietrza znacznie nie szkodzi. Gdy więc przez wiele doświadczeń poznano, że chociaż

cięż ciała na bloku zawieszonę przebiegaia przez bardzo znaczne miejsca przeciągi, wszelako bieg ich iest zawsze iadnostaynie przyspieszony (Schober Theorie von der überwicht). Stąd wynika, że tarcie, przez prędkość ciał bieżących, nie odmienia się, ale iest zawsze iednakowa, bądź ciała pówolę, bądź prędzēy biegā.

§. X.

Pożytki
z tarcia.

We wszystkich silniach, których dla tego używamy iedynie, żebyśmy bardzo małą siłą ruch sprawić mogli, trzeba zmniejszać tarcie, ile bydz może, bo na przezwyjężenie tarcia zawsze iakaś część znaczna całkowitęy siły idzie, z którą silnie poruszamy. Zaczem każda silnia powinna bydz tylé lekka i prosta, ilé ię używanie dozwała. Nad to trzeba, żeby części silni wolné były od ciśnienia zbytniego, czopków stalowych podpór mosiężnych nasmarowanych, słowem tego wszystkiego, co bieg łatwieyszym czyni, w silniach używać należy. W janych iednakowo rzeczach tarcie iest bardzo użyteczne, owszēm i nader potrzebne; Gwoźdz wbity wypadałby, gdyby nie było tarcia: tarcie budowlóm, okrętóm, owszēm wszystkim ciałóm, których części w jakikolwiek sposób są połączone moc daie. Bez tarcia, ani siedzieć, ani stołów używać, ani stać nawet mocno nie moglibyśmy, bo wszystkie rzeczy iedne na drugich kładzione, bardziēy by się chwiały, i dale-



i dalekoby prędzēy upadły, niż na gofoledzi. Przez tarcie noże i inne narzędzia, albo się wygladzaia, albo ostrza. Przez tarcie na koniec samo zboże kamieniami młyńskimi miele się i w mąkę obraca.

X I E G A IV.

o biegu i siłach płynów.

R O Z D Z I A Ł I.

o ciśnieniu powietrza.

§. I.

Mając dochodzić własności i skutków powietrza, poznać nasamprzód potrzeba skład i użycie pompy powietrznęy, zwanej *powietrzociągiem* (machina Pneumatica), za pomocą której naylicznieysze i nayważnieysze doświadczenia około powietrza czynić się mogą. Jużemy wyżēy widzieli, że pomicionā silnia służy do wydobywania czyli pompowania powietrza z naczynia zamkniętego, oraz zmniejszania ilości iego do tego stopnia, żeby toż naczynie prawie zupełnie wypróżnione z powietrza zostało. Wiemy (Wstę. X. 20.) że *Otto Gerike* Rayca Magdeburgski za pomocą *powietrzociągu*, różnē czyniąc doświadczenia z powietrzem pod czas *Seymu* w Ratyzbonie R. 1654. w obecności *Césa-*

Próżnia
Boylego.

Césarza Ferdynanda III. i wielu Xiażat tamże na tén czas znajdujących się, pierwszy okazał ciśnienie powietrzokregu do owego czasu nieznané. Nie długo potém Robert Boyle Anglik wiele się przyłożył do polepszenia téjże silni, i od iego imienia próżnią pompy powietrzney nazwano *Próżnią Boylego*, i tym sposobem rozróżniono ją od *Próżni Toricellego* (Wstę. IX. 21.). Co do składu różné bydz mogą powietrzociagi: wszakże najlepsze są składu *Smeatona* Anglika.

§. II.

Opisanie
wiatrociagu:

Fig. 71.

Wiatrociag składa się z tych istotniejszych części: z *Walca*, *Stępla*, *Talerza*, *Obiętni* (recipiens), *Czopka*. Walec mosiężny mierny a wszędzie jednakiej grubości wewnątrz wydrażony, ma w sobie stępel ruchomy K-I, którego koniec L-M nazwany szpunt, otwartość walca dokładnie wypełnia. Dno walca przedziurawioné przy C. łączy się z jednym końcem rurki prostey lub krzywey, drugi zaś koniec téjże rurki dochodzi do środka O. talerza mosiężnego płaskiego E-F. Na talerzu takowym stawia się naczynie szklanné G. czyli obiętnią, mającą się wypróżniać z powietrza: rurka C-O ma czopek H tak przedziurawiony, iż podług różnego onegoż obrócenia, może się zamykać lub otwierać, to jest gdy ténże czopek zostaje w jednym położeniu, cała rurka od C aż do

do O jest otwartą, a powietrze zewnętrzne żadnego nie ma wniknięcia, w położeniu zaś drugiem część rurki D-O zamyka się, część zaś iey niższą pod czopkiem H otwiera się; a tak powietrze zewnętrzne ma wolné wniknąć do walca. Skoro więc się tak obróci czopek, żeby cała rurka C-O była otwartą, i razém pociągnie się stępel ku B, powietrze z obiętni wychodzić będzie do walca, i tam się rozpościérá. Obróciwszy znowu czopek, jeżeli stępel nazad się odepchnie ku C, powietrze z walca ustępować poczyná, agdy koniec stępla dotknie się rurki przy C, na tén czas zupełnie z niego ustępuje. Powtarzając podobné robiénie stęplem i czopkiem, powietrze będąc w obiętni coraz bardziéj rozrzedzać się będzie. Bydz jeszcze może walec z dnem czyli szpuncem nieruchomym mającym kłapkę L-N i otwór pod nią: kłapka ta trochę tylko może się od powietrza do góry podnosić, ale na dół ciśnioną tamuje mu wyyscia. Podobną kłapkę znajduie się w końcu stępla ruchomego przedziurawionego przy O. w tym więc razie za popchnięciem stępla powietrze przycisnąwszy kłapkę L-N. a podniósłszy kłapkę w końcu stępla znajdującą się, przez otwór O wychodzi. I takowé to powietrzociagi powszechnie prawie teraz używają się. Kłapy pospolicie bywają z pęcherza lub materii jedwabney ciénkiéj woskowaney, wiel-

Fig. 72.

wielkość klap ma być taką, aby otwory dokładnie zawierały, kształt ich być może różny, pospolicie jednak bywają odcinkami kręgu; też klapy za pomocą szrob mocno się wypreżają i przytwierdzają do płaszczyzn, na których się znajdują. Położenie walca różne być może, podług upodobania, to jest poziome, pionowe, lub też pod pewnym kątem do poziomu nachylenie. Stępel także może być obrócony do góry lub na dół; a częstokroć powietrzociągi mają po dwa walce spółkujące z sobą przez rurki, i w takich stęple zębate za pomocą korby podnoszą się i zniżają. Obietnia postawiona na talerzu powinna brzegami swoimi jak najszybciej do niego przystawać, aby powietrze zewnętrzne nie miało przystępu, czyli raczej spółkowania z powietrzem w niej się znajdującem; a zatem jak brzegi obietni, tak powierzchnia talerza jak najszybciej być maia wygładzoną, gdyż inaczej nie podobna byłoby nawet do pewnego stopnia wypróżnić z powietrza obietni. Ze zaś pomimo najlepszej usilności trudno jest mieć dokładnie wygładzoną rzeczony powierzchnie, dla tego, dobrze jest nasmarować je oliwą, lub też przełożyć skórą w wodzie zmoczoną, a w środku wyciętą tyle, ile potrzeba, aby obwód obietni mógł być na niej pomieszczony.

§. III.

§. III.

Lubo powietrze w obietni coraz bardziej się rozrzedza przez pompowanie, z tem wszystkiem niepodobna go całkowicie z niej wyciągnąć. Jeżeli bowiem część walca po której chodzi stępel ruchomy nazwiemy A, obietność zaś, czyli przestrzeń obietni G. wraz z obietnością rurki O C i obietność samego walca aż do bębena nazwiemy B, gdy tenże szpunt będzie przy dnie walca, mieć będziemy $A : B = 1 : m$, a zatem za pociągnięciem stępla z całej przestrzeni A, powietrze wypędzone zostanie, a tem samem część powietrza wypędzona, mieć się będzie do całkowitej miąższości powietrza będącego nad bębniem, jak $1 : m$; to jest za każdym pociągnięciem stępla wypędza się część powietrza $\frac{1}{m}$, zostaje zaś w obeych części jego $\frac{m-1}{m}$. Położmy n. p. że $m = 2$. za pierw-

szem pochyleniem stępla wypędzi się $\frac{1}{2}$, za drugim $\frac{1}{4}$, za trzecim $\frac{1}{8}$, za czwartym $\frac{1}{16}$, za piątym $\frac{1}{32}$, i t. d. część powietrza tego, które się przed pompowaniem znajdowało nad szpuntem. Rzecz przeto widoczna, że im częściej powtarzać się będzie robienie stępliem, albo co toż samo jest, im większa będzie liczba m, lub im mniejsza będzie przestrzeń obietni, i części znajdujących się między obietnią i szpuntem bli-

R

kim

W jakim
stosunku
rzadzenie
powietrze
przez
pompowa-
nie.

Fig. 71.

kim dna walca, względem objętości tegoż walca, po który chodzą stępel, tem większy będzie stosunek rzadnienia powietrza w objętni.

§. IV.

Sposób
miarkowa-
nia ile się
rozrzedzi-
ło powie-
trza w ob-
iętni.

Fig. 73.

Różne bydz mogą sposoby dochodzenia stopniów w jakich się powietrze rozrzedza w objętni, z tych nuyprościeyszy bydz może następujący: wezmij iaką rurkę szklaną długą n. p. na 3. stopy paryzkic z obu końców otwartą, niech iey ieden koniec zostaje pod objętnią mającą się z powietrza wypróżniać, drugi zaś zanurzymy w żywym srebrze na wolnem powietrzu zewnątrz objętni, potem pompujemy powietrze z pod objętni, co czyniąc postrzeżemy, że żywe srebro tem wyżey w nię podnosić się będzie, im bardzię się rozrzedzi powietrze, tak dalece, że wysokość podniesienia się żywego srebra, będzie okazywać stopień rozrzedzenia i sprężystości powietrza zostaiącego jeszcze pod objętnią. Podobnież iezeli małą rurkę szklaną zakrzywioną, mającą iedno ramię A B. zasklepić i żywem srebrem napełnić, drugie zaś ramię B C otwarte i powietrzem zaigc, iezeli mówię takową rurkę zawiesimy pod objętnią i z nię powietrze pompować będziemy; żywe srebro pocznie się zniżać w ramieniu A B. przechodząc do ramienia B C. tak, iż ilość zniżenia się iego w jednem a podniesienia się w drugim ramie-

ramieniu, będzie w stosunku rozrzedzenia i sprężystości reszty powietrza w objętni. I tak gdyby przy końcu pompowania żywe srebro w ramieniu A B. na ieden tylko cal było wyższe niż w ramieniu B C, i razem ciężkości miał wysokość 28," wnieslibyśmy, że powietrze w objętni 28 razy jest rzadsze, i tylé razy mnię sprężyste od powietrza zewnętrznego: ponieważ ono ieden cal żywego srebra utrzymać może, gdy tym czasem zewnętrzné 28" żywego srebra utrzymuje. Pomnieć w téy mierze należy, że sprężystość powietrza nie od samę tylko iego gęstości i ciepła, ale téż i od innych okoliczności zawisła, zwłaszcza gdy toż powietrze znajduje się złączone z wyziewami sprężystemi.

§. V.

Gęstość powietrza w objętni będącego oznaczyć się ieszcze może za pomocą naczynia szklanego od kształtu i podobieństwa do gruszki nazwanego gruszką, które my nazwiemy *Rzadkomierzem*. Naczyniem tem, jest to rurka szklana, blisko sześć calów długa A B. w górze zasklepić, w niższej zaś części swojej coraz grubszey otwarta. Zawiesiwszy ją pod objętnią na przecie ruchomym F A. nad naczyniem C napełnionem żywem srebrem, wyciąga się powietrze z pod objętni; gruszka zaś tak się zniża, żeby iey koniec niższy zanurzył się w żywym srebrze, po czém wpusz-

Inny spo-
sób do-
świadcze-
nia gęsto-
ści powie-
trza w ob-
iętni.

Fig. 74.

R 2

cza

cza się w objętnią powietrze zewnętrzne: to uczyniwszy żywe srebro w gruszce podnosi się do góry, a to tém wyżey, im powietrze w objętni bardziej rozrzedzone było. Skutek takowy przypisać potrzeba działaniu powietrza wpuszczonego na żywe srebro, to zaś działając na powietrze w gruszce nad niem będące już rozrzedzone, zmniejsza jego objętość do tego stopnia, aż poki moc ciśnienia, powietrza zewnętrznego z mocą ciśnienia powietrza zamkniętego i słupa pionowego żywego srebra w rurce nierówno waży między sobą. Wydobywszy gruszkę z naczynia C. niejaką część żywego srebra z nię wypłynie, po czém jeżeli tę gruszkę wywróćmy z pod objętni i przewróćmy poziomo, część pozostała żywego srebra, będzie wymiarém gęstości i sprężystości powietrza tego, które było w objętni po pompowaniu, byleby ono nie było połączone z wyziewami, a miało ténże sam stopień ciepła co i powietrze zewnętrzne. Żeby zaś w tym razie tén dokładniy oznaczyć można było ilość gęstości powietrza pod objętnią pozostałego, potrzeba aby gruszka miała rurkę walcową przy A zasklepioną, podzieloną na wiele części równych n. p. tysiąc. Na tén czas bowiem jeżeli n. p. powietrze rozrzedzone zajmuje jedną lub dwie tylko części takowej gruszki, wniesiemy, iż powietrze w objętni tysiąc lub

pięć-

pięćset razy było rzadsze od powietrza zewnętrznego. Ponieważ zaś pompowanie powietrza z objętni nie może się udać, gdy powietrze zewnętrzne ma do nię wniknąć, przeto w tén i podobnych doświadczeniach mieć potrzeba baczność na to, aby przy podnoszeniu i zniżaniu przęta, na którym gruszka wisi, powietrze zewnętrzne nie wkradało się do objętni. Na tén koniec używa się objętnia szklanna w górze otwarta z wiekiem DE. mosiężnem przełożonem skórkami dobrze odwilżonemi, a iak najsilniocy z sobą ściśnionemi, przez których szrodek podziurawiony przechodząc przęt dokładnie walcowy, przechodzi oraz przez otwór objętni wypełniając go dokładnie.

§. VI.

Iak powietrze może się rozrzedzać, tak téż może się i zgęszczać: do zgęszczania powietrza takiak i do rozrzedzenia onegoż służy powietrzociąg wynaleziony przez JP. Smeatona. Że zaś iako wyciągając powietrze z objętni, powietrze zewnętrzne nie znajdując odporu od powietrza bęiącego w objętni przyciska ią do talerza, tak przeciwnie zgęszczając powietrze w ténże objętni, podnosić się ona musi i odstawać od talerza; zaczęć chcąc ténmu zaradzić przy talerzu powietrzociąga dadź potrzeba dwa słupki pionowe HE, FI, mocno do podstawy spólny szrubami przytwierdzone, oraz

w koń-

Silnia zgęszczająca powietrze, a w szczególności wiatrówka.

Fig. 75.

w końcach swoich górnych także szrubami opatrzoné, kędy poprzeczny drażek drewniany M, N, bardziéj płaski niż gruby przechodzi; za pomocą takowégó drażka obiętnia G może się przycisnąć bardziéj lub mniéj do talérza, a tém samém przeciąć spółkowanie powietrza zewnętrznego z wewnętrzném. Oprócz powietrzociagu *Smeatona* jest jeszcze inna pompa zgęszczająca powietrze zwana *silnią zgęszczania* (machina compressionis) a która w rzeczy samej nie co innego jest, iak sikawka A B, z szyjką cieńką, mającą klapę przy C, mogącą się podnosić od powietrza ku F, ale wcale nie ku B. Blizko rzeczony kłapy jest czopek D, przez który powietrze zewnętrzne może być wpuszczone do silni, lub też zabronione onému tamże wniknąć podług potrzeby. Obiętnia w której się ma zgęszczać powietrze za pomocą takowéj pompy, ma otwór opatrzonej podwoyną pokrywką czyli wiekiem mosiężnym i skorzanném dobrze odwilżoném, a to dla zapobieżenia wniknięciu powietrza zewnętrznego do obiętni. Obydwie pokrywki wraz z drażkiem MN tak są przewiercone przy O, iż szyjka pompy A B gwintowna, mocno się w nie w szubować może. Tak przygotawszy obiętnię i pompę, jeżeli wpuścimy przez czopek D powietrze zewnętrzne, i przez obrócenie tegoż czopka zabronimy wejścia mu stamtąd nazad, oraz popchniemy stęplém na dół, powie-

Fig. 76.

Fig. 75.

powietrze z pompy do obiętni wypchnięté zostanie. Zaczém powtarzając wielokrotnie takowé robiénie stęplém i czopkiem, powietrze w obiętni, coraz bardziéj zgęszczać się będzie, byleby szpunt po walcu pompy tego chodził, i żeby był nie przenikły od powietrza, może zaś bydzé téż szpunt przewiercony i mający klapę tak iak w wiatrociagu, i w tym razie obracanie czopkiem za każdém ruszénim stępla wcale nie będzie potrzebne. Takowa to pompa znajduje się przy strzelbách powietrznych zwanych *Wiatrówkami* (sclopeto pneumatica) za pomocą której w ich kolbie lub gąłce przyprawionéj zgęszcza się powietrze; za podniesiém zaś kłapki przez pociągniętą sprężynę, wpada w rurę strzelby i kulę z niéj wyrzuca (a).

§. VII.

(a) Czestokroć w doświadczeniach z powietrzem równie potrzebna jest znajomość ilości jego zgęszczania w obiętni, iako téż rozrzedzenia. Toż samo narzędzie, które służyło do oszacowania stopnia, rozrzedzenia powietrza w obiętni, służyć jeszcze może i do oznaczenia onegoż zgęszczenia w obiętni, z odmienném tylko postępowaniem (§ 5.) to jest zawiesiwszy gruszkę pod obiętnią wiatrociagu na pręcie ruchomym, potrzeba przed zaczęciem pompowania powietrza, zanurzyć koniec téż gruszki w żywym srebrze, a dopiero potem za pomocą silni temuż służący zgęszczać powietrze: co czyniąc postrzedz można, że w miarę powiększającej się gęstości powietrza

§. VII.

Różnaité
doświád-
ezénia oko-
to ciężko-
ści i sprę-
żystości
powietrza.

Znając silnie zgęszczania i rozrzedzania powietrza, oraz umiając się z niemi obeysdz użyjemy ich do dochodzenia dalszych własności powietrza n. p. ciężkości i sprężystości. Zastanowiwszy się uważa nad tém, co poprzedziło, łatwo się domyslic można, że obie té główne własności powietrza nie mogą być okazane za pomocą powietrzociągu, gdyż samo rozpoznanie składu téj silni, wyciąga znajomości poprzedniczy ciężkości i sprężystości powietrza; skutki iednak tych własności powietrza za pomocą powietrzociągu bardziéj pod zmysły podpadają. I tak pęcherz zawiazany spłaszczony, a tém samém ledwie odrobinę powietrza w sobie mający, podłożony pod obiętnią, nadyma się w miarę wypompowania z niéj powietrza. Dzieie się to zaś dla tego, że powietrze w pęcherzu, które przedtém było równéj gęstości z powietrzem zewnętrzném, za rozrzedzeniem tego, ostatniego, sprężystością swoją rozszerza się, dążąc z niém do równowagi. Skutek więc takowy jest skutkiem sprężystości powietrza. Butelka także szklanna, do-
brze

wietrza w obiętni, żywé srebro w rurce graski do góry podnosić się będzie, a tém samém ścisnąć będzie powietrze po nad sobą będąc w téjże rurce, a tak podniesienie się żywego srebra, będzie wymiarém zgęszczenia powietrza w obiętni i rzadkości w tym przypadku, stanie się zgęszczomierzém.

brze zaszpunktowaną, podstawioną pod obiętnią, po wyciągnięciu z niéj powietrza, rozrywa się od powietrza wewnętrznego, w niéj się rozpięrającego. Żeby zaś takowe rozpryskiwanie się butelki nie szkodziło obiętni, nąylepiéj jest stawiać téż butelkę pod przykrywką kraciastą z drótu uplecioną, podobnie się dzieie z naczyniem szklanném, mającém dno płaskié, gdy się z niego pompuie powietrze. Tafelka także szklanna pokrywająca kubek z obydwóch końców otwarty, i doń należyście przystawiają, trzaska się i pada przy pompowaniu powietrza z kubka. Pęcherz oraz powłoczający ieden koniec kubka rzeczónego, należyście wyprężony i wysuszony, za kilkokrotném pociągnięciem stępla powietrzociągu rozpęka się z wielkim hukiém. Rękę nakoniec położywszy na kubku z obu końców otwartym, po wyciągnięciu z niego powietrza, uczuiemy niezmierny ciężar wewnątrz i z niemłym bólem przyciskający. Té i tém podobné doświadczenia są skutkiem i razem dowodem ciężkości powietrza. Tu mieć można widoczną przyczynę, dla czego obiętnie używają się przy powietrzociągach wypuklé, i nie co przygrubsze.

§. VIII.

Weźmy teraz dwie półkule miedziané A i B. wewnątrz wydrążoné, równé, średnicy; z których iedna n. p. B. ma szybkę

Półkule

Magdebur-
skie.

Fig. 77.

szybkę z czopkiem D i gwintami na końcu, za pomocą których może być wszrubowana w otwór talérza powietrzociągowego; złożony do kupy obydwie te półkule, oraz dla tém dokładniejszego ich do siebie przystawiania i zabronienia wniścia powietrza zewnątrz, przełożywszy je skórą odwilżoną, wyciągamy z nich powietrzę za pomocą powietrzociagu, po czém zamknijemy czopek D, i zdjemy też kulę z powietrzociagu: postrzeżemy natychmiast, że pomiędzy półkule mocno się z sobą spoily, oraz doświadczeniem się przekonamy, że nie mogą być rozerwane bez znacznej siły. Ale wpuściwszy w nie powietrze przez czopek D, łatwo od siebie samę odstaia: toż samo się przytrafi, gdy półkule wypróżnione z powietrza, zawiesimy na przecie ruchomym pod obiętnią, (§. 5.) z której się powietrze wyciąga: rozłączone zaś tym sposobem półkule powtórnie się z sobą spoia, gdy wyższą za niższą prętą dotykać się będzie niższy, a powietrze tym czasem zewnątrz wpuszczimy pod obiętnią. To doświadczenie równie iak i poprzedzające dowodzi sprężystości a bardziey jeszcze ciężkości powietrza. *Otto Geryke* Obywatel *Magdebur*ski piérwszy był wynalazcą takowych półkul, które téż dla tego nazwane są *Półkulami Magdebur*skimi (*hemisphaeria magdeburgica*). Półkule od niego użyte były znaczney wielkości: ich bowiem śred-

nice

nice miały po $\frac{3}{4}$ łok. *Magd.* i dla tego po wypompowaniu powietrza z tak wielką mocą do siebie przylęgały, iż 24. koni nie mogło ich rozerwać.

§. IX.

Dostatecznie przekonani iesteśmy, że powietrze jest ciałem ciężkiem: ale iakże oznaczmy jego ciężkość względem innych ciał, czyli ciężkość gatunkową? Pamiętając o tém co się wyżej powiedziało (*Wst. IX. 5.*) snadno nam przyydzie na myśl sposób oznaczenia takowey ciężkości powietrza. Weźmy albowiem kulę miedzianą lub szklaną wewnątrz wydrażoną, do której rurka z czopkiem dla wypompowania powietrza jest przyprawiona; zważmy ją na szalkach iak náydokładniey przed i po wypompowaniu powietrza; różnica zachodząca między dwoma wagami téżże kuli, okaże nam szukaną ciężkość powietrza w nię się mieszczącego. Wielokrotnie powtarzając takowego gatunku doświadczenia, przekonamy się, że powietrze nas otaczające, mnięy iak dziewięćset, a więcey iak siedmset razy lżeysze jest od wody deszczowey. Aby zaś w takowych doświadczeniach tém dokładnieysze mieć wypadki, należy obiętnią zawieszając na wążkach, zanurzyć w wodzie; gdyż tym sposobem náymniejszą odmianą w ciężarze, náywidocznieyszą się staie (*Wst. XX. 22.*). Wszakże mając wzgląd w tych doświadczeniach na rozmaite

Gatunkowa
ciężkość po-
wietrza.

tę odmiany powietrza co do suszy i wilgoci, przekonać się można, że powietrze wilgotne jest cięższe od suchego. I tak do rurki kuli pomienionej przyprawiwszy inną rurkę napełnioną ciałem jakim przyciągającym wilgoć, jakimi są sole alkaliczne, a w szczególności potaż (*Cinere clavellati*) powietrze przechodząc przez takową rurkę, pozbędzie cokolwiek wilgoci, i uczyni kulę lżejszą niż przedtem, gdy była napełniona powietrzem wilgotnem. Nie należy atoli rozumieć, że ponieważ powietrze osuszone mnię cięższe niż wilgotne, ciężkość jego wszystka jest skutkiem tylko wilgoci przymieszanych: najsuchszé bowiem powietrze (o czém doświadczenia nauczają) ma sobie właściwą ciężkość. Jest zaś i to pewna, że część ciężaru powietrza nas otaczającego pochodzi od wyziewów z niem połączonych.

§. X.

Kawałek drewna, iabłko, iae i tym podobné ciała zanurzone w wodzie pod obiętnią powietrzociagu, pod czas pompowania okrywają się powietrzem iakoby rosą iaką z nich wydobywającą się, które w postaci bulek na powierzchni wody wznożą się, i tamże rozpukając się nikną. Owszém samé przez się płyny iakiékolwiek podstawione pod obiętnią powietrzociagu pod czas pompowania wydaia powietrze podobnie iak przedtem w bulkach podnosząc się, a to

ieszcze

Powietrze
wyciągać
można
z rozma-
itych ciał.

ieszcze w tém większy obfitości, im płyn jest bardziey lipki, iako to n. p. woda młdasta, piwo, i t. d. Té i tym podobné doświadczenia, nie tylko nas przekonywają, że ciała wszystkie nas otaczające napełnione są powietrzem, ale téż, że toż powietrze może byđz z nich wydobyte, albo raczy, że samo powietrze w jakimkolwiek cieie zamknięte, wydobywa się z niego, skoro tylko uwolnione zostaje od ciśnienia powietrza zewnętrznego, czyli powietrzokreśa: sprężystość jego sprawuje tén skutek. Jeżeli zanurzając kawałek drewna w wodzie pod obiętnią, zanurzymy go całkiem przez przyczepiony do niego ciężarek ołowiu, po wypompowaniu powietrza z obiętni, ténże kawałek drewna wodą przeięty, znajdziemy oraz cięższy od wody, bo na dół opadać będzie. Co przekonywa, że materia drzewa sama przez się wzięta, jest gęstokowo cięższa od wody, i że, jeżeli drzewa pływają na wodzie, pływanié to, jest skutkiem powietrza, którym najdrobniejsze ich dziureczki (pori) są zapełnione. Gdy bulki powietrzne w znaczney mnogości podnosie się zaczynaia, cząstki płynu wzruszają się, co się nazywa wrzeniem (*ebullitio*). Nie należy rozumieć, że tylko wtedy powietrze wydobywa się z płynu, gdy się on znajduje pod obiętnią powietrzociagu, z której go pompuiemy, owszém ieszcze w nierownie większy obfitości podnoszą się

się bulki powietrzne, gdy płyn do pewnego się stopnia rozgrzewa. Płyn nie może wrzeć na wolnym powietrzu, chyba wtedy, kiedy stopień jego ciepła tak wygóruje, iż mało co więcej albo wcale nic nie może się stać gorętszym, to jest gdy się poczyną przeistaczać w parę, czyli wyziewy sprężyste. Woda i powietrze mają ściśle z sobą związek, przeto wydobywając się powietrze z płynów bądź za pomocą ciepła, bądź przez rozrzedzenie powietrza zewnętrznego, porywa i unosi z sobą cząsteczki tychże płynów.

§. XI.

Woda, albo inny jakikolwiek płyn, pod-
stawiony pod obiętnią wypróżniającą się
z powietrza, wiemy już, że wydaie z siebie
bulki powietrzne, które częścią do boków
naczynia przylęgają, częścią wyskoczywszy
na wierzch rozpukają się; bulki te licznie-
szc jeszcze pokazują się, gdy pompując po-
wietrze z obiętni, płyn pod nią będący co-
kolwiek jest odlecony, mnogość zaś ta bu-
lek, sprawi w wodzie wrzenie (ebullitio).
Po czem płyn się uspokaja, i żadnych bulek
nie wydaie, chociażby coraz bardziey był
rozgrzewany, aż dopiero po niejakiey chwi-
li, z nierównie iak przedtem większą gwał-
townością wrzeć poczyną, a to nawet
choćby był mnięj rozgrzanym iak pier-
wéy. Skutek ten okazuje nam różnicę za-
chodzącą między wrzeniem a gotowaniem
się

W rozrzed-
zonem
powietrzu
wielką za-
chodzi róż-
nica mię-
dzy wrze-
niem a go-
towaniem
się wody.

się płynu w rozrzedzonym powietrzu,
w którym to razie prędzej płyn wrze, niżby
wrzał gdyby w największym stopniu był
rozgrzanym. Przyczyna zaś, dla której
w poprzedzającym doświadczeniu wydo-
bywanie się bulek powietrznych z płynu
nie wciąż się dzieie, nie inszą byź musi
iak tylko, że części powietrza zamkniętego
w płynie tak iak i w każdym innem cie-
le, jedne bardziey a drugie mnięj z niem się
łączą, a stać jedne trudniey drugie łatwiey
od niego się odłączyć mogą, a tak, gdy po-
wietrze zewnętrzne rozrzedzone zostanie
przez powietrzociąg, część powietrza
zamkniętego w płynie, mnięjszy z nim ma-
iaca związek, pierwéy i tém snadniey się
z niego wywikła, im więcej ciepło do tego
dopomaga: część zaś druga tego powietrza,
ściśley się iednocząc z płynem, dopiero
potem po dłuższem usiłowaniu od niego się
oddziela, gwałtownie zaś wzruszeniem
się swoim, sprawuje poruch, czyli wrze-
nie w płynie.

§. XII.

Jeżeli mając pompować powietrze z ob-
iętni, postawimy powietrzociąg w miejscu
ciemnym tak, żeby promienie słońca na
obiętnią padając ją oświecała, po kilkakro-
tném ruszeniu stępla, postrzeżemy powie-
trze w obiętni wzruszać się, i wiele dro-
bniutkich pęcherzyków wznoszących się
częścią przy samym talérzu, częścią w wal-
cu

Mgła w po-
wietrzu
rozrzedzo-
nem.

cu powietrzociąga: buleczi té formułą iakoby mgłę iaką, która albo natychmiast nieknie, gdy nieprzestannie pompuiemy powietrze lub mało go co pompuiemy, albo coraż na nowo widzieć się daie, gdy pompowanie co kilka minut powtarza się. Skutek takowy przypisać należy powietrzu, podnoszącemu się w tych miejscach silni, które wodą były odwilżone, a zatem do których powietrze było przyległe. Jakoż na oko o rzeczywistości téy przyczyny przekonać się można części powietrzociągu zamiast odwilżania wodą, napuszczając oliwą, w którym to przypadku żadný nigdy mgły w obiętni nie postrzeżemy. Dla tego zaś podczas ciągłego pompowania, rzeczona mgła się nie wznosi, że pęcherzyki powierzchne w tym samym czasie, w którym się formułą, natychmiast rozdzielaia się na iak najdrobniejsze cząsteczki okiem nie doyrzané.

§. XIII.

Mocno klucąc wodę w naczyniu iakiém albo gdy sama przez się woda ze znaczney spada wysokości, postrzedz można wielkie mnostwo bulek, różney wielkości, które formułą to, co nazywamy pianą: powietrze więc, nie tylko bydz może odłączone od wody za pomocą próżni i ciepła, ale téż przez ruch iey wewnętrzny, nie pochodzący od żadný z tamtych przyczyn, to jest przez wzajemné cząstek wody pod różnemi

Miech
wodny.

Fig. 78.

mi kierownościami uderzanie się, gdzie iedné od drugich odskakiuac, zamknięte wpośród siebie powietrze opuszczaią. Takowé wydobywanie się powietrza, iest przyczyną wiatru, którego doświadzyć można przy spadaniu wody z wysokości. Niech n.p. będzie naczynie czworograniasté A D, maiące z boku ciénka rurkę zakrzywioną I M. i drugą pionową od niéy grubsza, na piętnascie lub dwadzieścia stóp dluga I H, na szródku dna tegoż naczynia położmy kamień szeroko płaski E F. iakakolwiek maiący grubość: niech przy G będzie otwór mogący bydz iuż powiększony iuż zmniejszony. Zamknaw zy ténżé otwór G, napełnimy naczynie wodą tak, żeby iey powierzchnia wyrównała powierzchnię kamienia E F. Jeżeli teraz w jednymże czasie wpuścimy wodę, przez rurkę I H, i odetkamy otwór pomieniony tylé, aby tylé przezeń z naczynia wyciekalo wody, ile iey w tymże czasie wpływa przez rurkę, woda spadaiac na kamień E F, i o niego się uderzaiac, tylé opuści powietrza, iż wiatr iakoby z największego miecha z rurki L M wypadać będzie, nigdzie nie znajduiac dla siebie żadnego innego wyyscia. Silnia takowá nazywa się *Miechem wodnym* (Folis hydraulicus.) To doświadczénie tłumaczy nam szum i szelest strumyków, rzek i t. d. dający się sły-

słyszeć nąwiegęcy w tych mieyscach, gdzie woda o kamienie lub piasek uderzałac się, różnokierowne odbiera ruchy, rozpryskuje się i opuszcza powietrze. Aże oddzielanie się powietrza od wody tém się łatwięcy dzieie, im parcie powietrzokręgu iest mnieysze, nie dziw więc, że szum rzek i strumyków większy lub mnieyszy bywa podług tego czyli Ciężkości zniżać się albo się podwyższa. Nadrzechni mieszkańcy tego nąlepięcy doświadczają.

§ XIV.

Młot wodny.

Fig. 79.

Z jak wielką łatwością i jak małym stopniem ciepła odłączyć można w próżni powietrze od wody, przekonywała nas o tém rurki szklane przyszczerś, z jednego końca B zasklepióné, z drugiego zaś kończysté, z powietrza wypróżnione i blisko do połowy wodą napełnione, które *Młotkami wodnymi* (*mallei aquae*) nazywają się. Za wstrząśnięciem ich woda uderzwszy się o powierzchnię B, taki łoskot wydaie, iakiby wydadz mogło ciało stałe o tęż powierzchnię uderzwszy się: przy tém daia się widzieć na powierzchni wody bulki dosyć znaczney wielkości: owszém ieżeli rurka w wyższej części swoięcy C, nie co iest wydeta naksztalt kuli małęcy, mogacęcy się ręką obiać; przewróciwszy tęż rurkę poziomie i kulę dłonia obiawszy, postrzeżemy wodę uchodzącą ku B, i razem

zém iakoby wrzącą. Powietrze bowiem będąc w rurce przez ciepło ręki ią obęymiacęcy rozgrzané, wydobywa się z wody, a sprężystością swoią rozpościarac się, wodę ku B pędzi; ruch zaś ten w wodzie wzniecony, ieszcze bardzięcy dopomaga dalszemu wydobywaniu się z nięcy powietrza, co sprawiue wrzenie.

§. XV.

Ténże sam skutek powietrza ieszcze oczywistszym się wydaie na rurce AB, zwany *Rurką Franklina* (*Tubus Francolini*). Rurka ta z obydwóch końców, swoich iest zakrzywiona, mającą dwie kule A i B, które do połowy wodą się napełniaia, reszta zaś ich przestrzeni (*Capacitas*) z powietrza iest wypróżniona: iedną którąkolwiek z kul pomiciionych bądź miernie ogrzawszy, bądź téż oziębiwszy, natychmiast postrzeżemy wodę uchodzącą z kuli ciepleyszy do zimnieyszy i tamże wrzącą. Przyczyna takowego skutku nie co innego iest, iak zniesienie równowagi między gęstością powietrza, znajduiącego się w płynie iedney a drugiey kuli: przez rozgrzanie bowiem większe iedney a niżeli drugiey kuli, powietrze w kuli ciepleyszy stae się rzadsze, a w zimnieyszy gęstsze, przeto natychmiast w rzadszém powietrzu bulki z wody się podnoszą, oraz sama woda od powietrza rozszerzającego się popchniętą zostae, który to

Rurka Franklina.
Fig. 80.

§ 2

ruch

ruch wody wewnętrzny jeszcze bardziej ułatwia wywikłanie się z niej powietrza, przez co wznieca się w wodzie wrzenie. Gdyby zaś rurka A B, w przestrzeni swojej niezaitętej wodą była napelniona powietrzem gęstym, takim jest powietrze oddychalne, na ten czas postrzeglibyśmy, że ani przez oziębienie, ani przez rozgrzanie tej kuli nie będzie się ruszać, ponieważ powietrze w tym razie od wody się odłączyć nie może.

§. XVI.

Jak istotnie potrzebne jest powietrze do utrzymania ognia, życia zwierząt i roślin, przekonywają nas doświadczenia czynione w próżni. Zwierz lub ptak jakikolwiek, podszalony pod obietnią, wypróżniającą się z powietrza, w jedney lub we dwoch minutach zdycha; wyławszy zwierzęta młode ane n. p. kocięta, choćby już miały dni ośm wytrzymują dłużej. Ryby zaś gady i robactwo, nie jednaką w tej mierze mają naturę: jedne z nich bowiem przez wiele dni żyją w próżni, a drugie natychmiast zdychają. Rośliny nawet w próżni wędnieją i usychają; ich nasiona chociaż w najwyżniejszą ziemię wrzucone, nie wschodzą tak, jak na wolnym powietrzu. Płomień także gaśnie w próżni, co większa żadne ciało palne nie zajmuje się płomieniem, nawet od samego szkła palącego. Proch sam w ogni-

w ognisku szkła palącego położony, dymi się tylko i rozplywa bez najmniejszego wybuchnięcia. W tym ostatniem doświadczeniu nie należy brać, tylko kilka ziarn prochu, i te kłaść pod obietnią znaczney wielkości, aby uniknąć niebezpieczeństwa mogącego wynikać z przeistoczenia się prochu na wyziewy sprężyste, które zastępując miejsce powietrza, mogłyby ténże sam skutek uczynić, zwłaszcza gdy obietnia jest przymała. Lubo zwierzęta żyć nie mogą w próżni, z tém wszystkiem naucza doświadczenie, iż tak ludzie jak i inne zwierzęta żyć mogą bez uszkodzenia w powietrzu nie równie rzadszém albo gęstszym od powietrza pospolitego, iako to: na wierzchołkach wysokich gór, gdzie toż powietrze znacznie mniejszy jest gęstości, niż przy ich podstawie. Nurkowie także wpuszczający się w głębia morza, za pomocą naczynia zwanego dzwonem nurkowym (Campana urinatoria) oddychają tamże bez uszkodzenia powietrzem przez parcie wody zgęszczonem. Dzwon zaś nurkowy, jest to naczynie wielkie drewniane, ołowiem pobite, mające w dolney części swojej poprzeczne ciężary dla wagi; kształt jego podobny jest do kształtu dzwona, czyli raczej ostrokągu uciętego: w części swojej górney zasklepiónej, a w niższej otwartej, gdzie nurek siedzi. Naczynie to tak zanurzy-

nurzywszy w morzu, aby płaszczyzna otworu jego była równoległą do poziomu, powietrze w nim się znajdujące, nie mogąc nigdy wyszść, sciska się, zgęszcza od wody, a zatem wyższą część tego naczynia zajmuje, gdzie nurek zgęszczonem powietrzem oddycha pod wodą, a nawet kiedy tego potrzeba, może go odmięć na świeże przez otworzenie rurek spółkujących z beczkami tuż obok obiętni nurkowcy będącemi, powietrzem napelnionemi.

§. XVII.

Dźwięk
w próżni
wydany
bydź nie
może.

Jakićkolwiek ciało głos czyli dźwięk wydaiące, n. p. zegar biący, podstawiony pod obiętnia na wełnie, po wypróżnieniu z niego powietrza, żadnego dźwięku nie wyda, choć młotek jego bić będzie w dzwonek, które to doświadczenie przekonywa nas, że dźwięk w próżni wydany bydź nie może, a tém samém, że do wydania głosu istotnie jest potrzebne powietrze. Ponieważ zaś nie przez samo tylko powietrze głos się rozchodzi, ale i inne ciała twarde sprężyste ku temu skutkowi służą (Wst. Roz. X. 33.) dla tego czyniąc pomiennione doświadczenie baczyć potrzeba, aby młotek zegarka żadney ze stałych części powietrzoziagu nie dotykał się. Gdyby więc w temże doświadczeniu był użyty do poruszenia młotka pręt o którym mówiliśmy w §. 5.

w takim

w takim razie potrzebaby iak nayprędzey pręt cólnac, nim młotek uderzy, dla przecięcia spółkowania dźwięku. Przeciwnie się dzieie z głosem w powietrzu zgęszczonem w obiętni: tém bowiem jest mocniejszy i wyraźniejszy, im bardziy zgęszczoné jest powietrze; do czego zaiste wiele się przykłada samo drżenie cząstek obiętni od drżenia powietrza w nię się znajdującego wzbudzoné. I dla tego to ow nurek, co niegdyś w powietrzu miernie zgęszczonem w obiętni zanurzony w wodzie zadał na tratce, mocą ię dźwięku tak był rażony, iż prawie od zmysłu odszedł (Sturm. Colleg. curios. Tom II. Tent.).

§. XVIII.

Jeżeli walec szklanny blisko sześć stóp dłu i, a 2 $\frac{1}{2}$ cali szeroki, z o y dwóch końców otwarty, z podstawą nieco przyszerszą, w górnym zaś końcu swoim mogący się zamykać wieczkiem, iakieśmy opisali w §. 5. oraz mający pręt przez to wieczko przechodzący z kilku na końcu haczykami, na któryckby można było z łatwością ciężarki iakić n. p. pióro, czerwony złoty, kawałek ołowiu tak zaczepić, iżby za najmnieyszem jego poruszeniem wszystkie te ciężarki pospadały, jeżeli mówię, walec takowy postawiwszy na talerzu powietrzoziagowym wypróżnimy go z powietrza, a z prę-

Wszystkie
ciała ie-
dnakową
spadaia
prędkością
w próżni,
w niewiel-
kich wyso-
kościach
na iakich
tylko do-
świadcze-
nia czynić
można.

ta pozzrucamy ciężarki, postrzeżemy, iż pióro wraz z innemi zawieszonemi ciężarami iednaka chyżością spada na taléř powietrzociaga. Przeciwnie zaś trafia się, gdy ténże walec nie jest z powietrza wypróżniony: ciała bowiem gatunkowo cięższe iako złoto, ołów, i t. d. prędzcy spadają iak ciała gatunkowo lżeysze n. p. pióro.

§. XIX.

Płyn
sprężyste,
nie kiedy
naczynia,
w których
się znajdu-
ją, parciem
ie swoim
z miejsca
wzruszają.

Fig. 81.

Wiemy, że gdy siły działające na ciało iakié w kierunkach wprostprzeciwległych są między sobą równe, ciało to koniecznie zostawać musi w spoczynku. Gdybyśmy więc powietrze, albo inny iaki płyn sprężysty w naczyniu zewsząd zamkniętém, ile tylko bydy może ściśnęli, płyn tén wywierać będzie parcie swoje na naczynie, ale dla równego na wszystkie strony działania swojego, naczynia z miejsca nie wzruszy. Lecz jeżeli przypuścimy, że część iakaś E, naczynia AB nie może wytrzymać całkowitego parcia płynu w niem się znajdującego, rzecz oczywista, że w tym przypadku, płyn sprężystością swoją część takową naczynia z miejsca poruszy, i popychać będzie ku EF, ale w miarę popchnięcia téżże części E, działanie iego na nią słabieć musi: a tak działanie w prost przeciwległe części C ku CD, które przedtém wyrównywało działaniu ku EF, za poruszeniem części E,

E, stanie się większe od działania na téż część E: zatem naczynie całe AB, jeżeli jest ruchomé, ku CD usuwać się będzie. Czego właśnie doświadczyć można na rurce mającéy kształt kuli albo gruszki wewnątrz wydrażonéy z cienką szyjką (aeolipyla) z miedzi lub żelaza wyrobionéy. Wławszy bowiem w nią cokolwiek wody, i wolno korkiem zaszpunktowawszy, położmy ją nad żarzącemi się węglami, skoro tylko woda wrzeć zacznie, i przeistaczać się w parę sprężystą, (Wst. XIV. 23.) natychmiast korék z hukiem wystrzeli a rurka w tył się cofnie, byleby dosyć była ruchoma. Doświadczenie to tłumaczy nam cofanie się w tył dział wojskowych przy wystrzeleniu, podnoszenie się do góry rac i t. d. Proch albowiem zapalony rozpływa się, przeistacza się w parę nader sprężystą, i na wszystkie strony moc swoją wywierającą.

§. XX.

Jużemy okazali gdzieindziey, że siła sprężystości powietrza powiększa się przez iego ściśnienie, że zaś powiększa się w tym samym stosunku, w którym się powiększa gęstość powietrza, to nim okaże następujące doświadczenie. Weźmy sobie AB, CD. rurkę szklaną, na trzy lub cztery linie szeroką, do tablicy drewnianej przytwierdzoną; mającą dwa ramiona równoległe AB i CD, z którychby iedno było

Sprężystość powietrza ściśnione-
go powiększa się, w stosunku powiększającą

się jego
gęstości.

Fig. 82.

było długie blisko na dwanaście calów przy D zasklepienie, drugie zaś długie blisko ośm stóp, przy A otwarte, obydwa zaś równie w szereg grubości. Postawiliśmy tablicę z takową rurką prostopadle do poziomu, wliwamy przez A cokolwiek żywego srebra, któreby część rurki zakrzywiła, aż do linii poziomej BC napelniło. Powietrze będące nad żywym srebrem w CD, mieć będzie gęstość i sprężystość taką, jaką ma powietrze zewnętrzne; gdyż tak żywe srebro samę z sobą, jak powietrze w CD z powietrzem zewnętrznem, zajmując rurkę AB, równo waży. Przyléśmy teraz żywego srebra tyle, żeby się rurka AB, aż do F niem napelniła tak, iżby się stopień ciepła nieomieniał. Powietrze w rurce krótszemu póty ścisnąć się będzie w mniejsze miejsce n. p. DE, aż sprężystość jego tak przez zgęszczenie powiększy się, że będzie mogło oprzeć się ciśnieniu żywego srebra. Doświadczono zaś, że kiedy wysokość ciężkości była $= 28$," zaś $CD = 12$," na tén czas CE , było $= 4$," oraz $BF = 18$," albo (poprowadziwszy poziomę GE tak, żeby było $CE = BG$) $GF = 14$,". Kiedy zaś było $CE = 6$," na tén czas CF było $= 28$," a gdy było $CE = 9$," na tén czas GF było $= 84$,". Powietrze więc dopóki zajmowało miejsce $CD = 12$ " ciśnione było ciężarem całego

powie-

powietrzokregu, czyli co jedno jest ciężarem słupa żywego srebra wysokiego na $= 28$,". Toż powietrze skupione w miejscu ED, $= 12 - 4 = 8$," ciśnione było ciężarem $28 + 14 = 42$," żywego srebra: w miejscu zaś $12 - 6 = 6$," ciśnione było ciężarem $28 + 28 = 56$," żywego srebra. Nakoniec toż powietrze w miejscu $12 - 9 = 3$," ciśnione było ciężarem $28 + 84 = 112$," żywego srebra. Jest zaś $28 : 42 = 8 : 12$; $28 : 56 = 6 : 12$; toż samo $28 : 112 = 3 : 12$. Gęstość zaś powietrza będącego w rurce krótszemu musi być zawsze w stosunku odwrotnym wysokości ED. Wnosi się więc stąd ogólnie, że sprężystość powietrza, która zawsze wyrównywa siłę ścisłającą powietrze, jest w stosunku jego gęstości (Wstęp X. 7.) gdy stopień ciepła zostaje nieodmienny.

§. XXI.

Doświadczmy teraz, jeżeli dopiero odkryta własność powietrza, może mieć miejsce wzięta odwrotnie. Niech będzie rurka AB prosta szklana równie wszędzie wewnątrz wydegości, z obydwoch końców otwarta blisko 30. calów długa w położeniu pionowem; spodni ięć końców B zatkamy palcem, przez górny zaś A wlemy żywego srebra do jakiejkolwiek wysokości C, to zrobiwszy zatkamy górny ięć otwór tak, aby powietrze zewnętrzne wcale przez nie wchodziło, spodni

Sprężystość powietrza rozrzedzonego zmniejsza się w stosunku zmniejszającą

spodni zaś otwór odetkamy trzymając go, z nurzonego w naczyniu żywem srebrém napelnioném, część jakaś żywego srebra z rurki wypłynie, reszta zaś zniży się do pewnego punktu D. W tym więc przypadku powietrze, które przedtem zajmowało tylko miejsce AC, zajmować będzie nierównie większe AD, a zatem o tyle się rozrzedzi, o ile się rozciąg jego powiększył. Doświadczono zaś, że kiedy wysokość ciężkomierni była = 28," AB = 30," i AC = 2 $\frac{1}{4}$, na ten czas było AD = 9,". Na początku więc powietrze zajmując miejsce AC, taka miało gęstość, jaka była w powietrzkregu, czyli jak gdyby było ciśnione ciężarém 28" żywego srebra, ale za powiększeniem się jego rozciągania aż do AD, a tém samém za rozrzedzeniem się w stosunku AD: AC, ciśniony jest tylko od ciężaru słupa 7" żywego srebra. Słup bowiem powietrza AD, wraz ze słupem żywego srebra DB, który wynosi 21," równo waży z powietrzkregiem czyli ze słupem 28" żywego srebra. Od słupa więc 28" żywego srebra odiawszy słup 21," zostanie słup 7" którym samym tylko powietrze w rurce jest ciśnione. Jest zaś 7: 28 = 2 $\frac{1}{4}$: 9, a zatem gęstość powietrza w tymże samym jest stosunku, co jego sprężystość, czyli co i siła toż powietrze ściskająca, byleby stopień ciepła był nieodmienny. Czyniąc wiele innych podo-

się jego
gęstości

Fig. 83.

podobnych doświadczeń, przekonać się można, że gęstość powietrza, chociażby najbardziej rozrzedzonego, jest zawsze w stosunku siły cisnącej gdy stopień ciepła zostaje nieodmienny.

§. XXII.

Poprzedzając własności w powietrzu dostrzeżone, podaia nam szczególny sposób doświadczenia tychże skutków i w powietrzoziagu. Niech rurka szklanna CDE, (z tabliczką swoją AB), wewnątrz wszędzie równy wyđętości, ma dwa ramiona równoległe i pionowe, jedno CD, blisko na 12 cali długie, w górze otwarte, drugie DE, krótsze w górze zasklepienie. Napelnimy też rurkę żywem srebrém, aż do linii poziomej jakiejkolwiek AB, przestwór zaś BE niech zostanie zajęty powietrzem téj gęstości, jaką ma gęstość powietrze oddychalne. Rurkę tę tak zawieśmy pod obiętnią, ażeby powietrze z nięj przez sam tylko otwór C wychodzić mogło do obiętni: pompując powietrze z obiętni, powietrze też w AC zarówno się rozrzedzi, a zatem żywe srebro w ramieniu DC, podniesie się, a opadnie w BD przez rozszerzenie się powietrza w EB. Aże dowiedliśmy, że gęstość powietrza, jest zawsze w stosunku jego sprężystości, z podniesienia się więc żywego srebra miarkować można o ile się rozpręża powietrze w obiętni rzadszém stało od powietrza

Sposób
doświadczenia
tychże co
wyżej
skutków
w powietrzoziagu.

Fig. 84.

zewnątrznego, albo raczej, ile razy sprężystość jego, mniejszą jest od sprężystości powietrza zewnętrznego (4.). Przeciwnie się stanie zgęściwszy powietrze w objętni: żywe bowiem srebro w ramieniu dłuższem zniży się, a podniesie się w krótszém, a tak powietrze w ramieniu krótszém, przez ciśnienie powietrza zewnętrznego zgęści się, i zatem podniesienie się żywego srebra nad punkt B, pokazywać będzie ile powietrze pod banią gęstszem się stało od powietrza zewnętrznego.

§. XXIII.

W poprzedzających badaniach o naturze powietrza co do sprężystości i gęstości, zawsześmy go odnosili do iednostaynego stopnia ciepła i czystości: doświadczmy teraz, ieżeli przymioty służące powietrzu w pomiénionym względzie, służyć mu jeszcze mogą; gdy ani stopień ciepła, ani czystość nie jest iednaka. Dajmy przeto, że rurka AB znajduje się w powietrzu wilgotném, które gdy ięć część AC, zaymuie, niech ma sprężystość = E, gęstość = D; gdy zaś zaymuie miyscé AD, niech onego gęstość będzie = d, sprężystość = e. Przypuściwszy więc że w tych obydwóch razach stopień ciepła jest iednaki, podług wyżey dowiedzionych prawd, będziemy mieli $E: e = D: d$ (§. 21.). Wystawmy teraz sobie, że powietrze obję-

Spieżystość powietrza nie może być w stosunku iego gęstości, gdy stopień ciepła i czystości nie jest iednaki.

Fig. 33.

tności AC, nim nabyło objętności AD, zostaje osuszone, a stopień iego ciepła nie odmiénia się, sprężystość iego jeszcze będzie = e, gdyż taż sama siła co przedtem, ciśnie go; ale gęstość iego t, stanie się mniejszą od gęstości dawnéy d: jest bowiem powietrze wilgotné gatunkowo cięższe od suchego równie sprężystego i równie ciepłego: (2.). Będzie więc $E: e = D: d$, ale nie = $D: t$, gdyż $t < d$. Podobnie okazaćby można było, że ponieważ powietrze suché jest gęstsze, a wilgotné rzadsze, sprężystości obydwu tych gatunków nie są w stosunku ich gęstości. Wnieśmy stąd ogólnie, iż dopoty tylko sprężystość powietrza jest w stosunku gęstości iego, dopoki nie tylko stopień ciepła, ale też i czystości iego nieodmiénny zostaje; czyli co iedno jest, dopoki w pewnéy iakiéy miyszności powietrza gęściejszego, tyle się znajduje wyziwów, ile ich jest równéy miyszności powietrza rzadszego, równie iak iunto ciepłego.

§. XXIV.

Wystawmy sobie iakikolwiek słup powietrzny okragły, albo graniasty, pomiérnuy szerokości od powierzchni ziemi, aż do ostatniéy krainy powietrzolęgu wznoszący się, podzielony na nieskończone wiele warstw poziomych równéy grubości, z których iakikolwiek przyległ sobie

Ciśnienie powietrza kręgu ku górze ubywa w po-

stępie
(progres-
sio) Jeo-
metrycz-
nym.

Fig. 85.

sobie niech będą CD, i EF. Ciśnienie zaś powietrzokregu na płaszczyźnie poziomą AB, niech będzie $=P$, ciśnienie na płaszczyźnie także poziomą CD $=p$, na płaszczyźnie poziomą EF $=p'$; dajmy, że ciężar warstw, CF $=g$, warstwy AD $=G$; a tak będzie $P=p+G$; $p=p'+g$. Uważając teraz ze wszystkich warstwach słupa powietrznego, których grubość tak jest niezmiennie mała, iż wszystkie się brać mogą za warstwy równej gęstości, stopień ciepła i czystości jest jednaki, będzie się miała gęstość warstwy AD, do gęstości warstwy CF, jak się ma $p:p'$ (27.) Ze zaś gęstość powietrza jest w stosunku siły cisnącej, będzie więc $G:g=p:p'$, a tym samym $G+p:g+p'$, albo $P:p=p:p'$. Cośmy tu widzieli na dwóch warstwach przyległych sobie AD i CF, widzieć by można na innych dwóch iakichkolwiek także sobie przyległych. Skąd się wnosi, że ciśnienie powietrzokregu ku górze w słupie naszym, coraz się zmniejsza w postępie geometrycznym; iakąkolwiek jest liczba warstw równo grubych, z których się on składa.

§. XXV.

Wiadomo jest, że odmiany zachodzące w wysokości ciężkości, okazują odmienne ciśnienia powietrzokregu, iakié n. p. bydź mogą w miejscach AB, CD, EF. Gdy więc przypuścimy, że w mie-

scu AB, wysokość ciężkości jest $=B$, w miejscu zaś CD w tymże samym czasie wysokość jego $=b$; otrzymamy $B:b=P:p$. (Wst. IX. 22.) gdzie P i p wyrażają ciśnienia powietrzokregu na płaszczyźnie AB i CD. Zatem warstwa będzie odległą od spodniéy na liczbę warstw n , a wysokość ciężkości w niéy $=y$, otrzymamy postęp geometryczny składający się z liczby $n+1$ wyrazów, którego pierwszym wyrazem będzie B , drugim b ,

ostatnim zaś y ; a zatem $y = \frac{b^n}{B^{n-1}} = \frac{b^n B}{B^n}$ oraz $ly = nlb - nl. B + l. B$ (a) skąd $n = \frac{lb - ly}{lb - lb}$. Uważając więc wszystkie

warstwy, iakoby jednakiéy grubości, n. p. $=c$, ilość nc będzie odległością czyli wysokością warstwy iakiéy odległej od spodniéy AB. na liczbę warstw n ; jest zaś $nc = c \frac{lb - ly}{lb - lb}$ przeto nc nazwawszy $*$,

będzie $*$ $= c \frac{lb - ly}{lb - lb}$ wyrazem takowéy

wysokości. Ponieważ zaś doświadczenie przekonało, że gdy wysokość ciężkości przy powierzchni morza jest $=$

T

29"

(a) l. oznaczá Logarytm. Kréska położoną nad liczbą stopy, dwie kréski sale, trzy kréski kaje i t. d.

$19'' = 348$ linii Paryzkich, a wysokość ciepłomierza tamże jest $= 16\frac{3}{4}$ stopni Reaum: natén czas potrzeba ciężkomiérz wynieść nad powierzchnię morza do wysokości 12, 497 sążni, żeby jego wysokość na jedną linię zmniejszyła się (de Luc. Recherches §. 501.). Jeżeli więc jest $B = 348$, i $b = 347$, będzie $c = 12, 497$, a zatem $x = 12, 497 \frac{1.348 - ly}{0,0012,497} = 10000$.

$$\frac{1348}{y} = 10000 \text{ l. } 348 - 10000 \text{ l. } y. \text{ Zró-}$$

wnanie to służy do wynalezienia wysokości x , którą oznaczy się w sążniach Paryzkich, gdy wysokość ciężkomiérza y , wyrażona będzie w liniach Paryzkich.

§. XXVI.

Zapomo-
cą ciężko-
mierza
zmierzyć
wysokość
górs.

Daymy, że teraz wynosimy ciężkomiérz jeszcze wyżej iak do wysokości x n. p. do wysokości x' , oraz niech tamże wysokość jego wskazuje linię u , gdy na ciepłomierzu jest $16\frac{3}{4}$, a zatem gdy przy powierzchni morza, wysokość ciężkomiérza $= 348''$ będziemy mieli $x' = 10000 \text{ l. } 348 - 10000 \text{ lu.}$ (§. 25.) aże było naténże stopień ciepła $x = 10000 \text{ l. } 348 - 10000 \text{ ly}$: odciągając te dwa zrównowania od siebie, wypada $x - x' = 10000 \text{ l. } \frac{y}{u}$. Jeżeli więc przy górze albo wieży iakićy, iakokolwiek nad powierzchnią morza wyniesiony, wysokość ciężkomiérza jest y , wysokość zaś jego

tego na wierzchołku téżże góry lub wieży w jednymże czasie wzięta z tamtą jest $= u$, wysokość góry albo wieży téż $x - x'$ (którą nazywam z) będzie $= 10000 \frac{y}{u}$, biorąc powietrze wszędzie iednako czyste i równie ciepłe na $16\frac{3}{4}$ Reaum: Gdy bowiem zimniejszy jest albo cieplejszy od rzeczonoego stopnia, nie tylko samo żywe srebro w ciężkomiérzu przez zimno bardzićy się ściąga, a przez ciepło bardzićy się przedłuża, w jednakićy nad powierzchnią morza zostając wysokości, ale téż w tych przypadkach i samo powietrze gatunkowo lżeyszym albo cięższym się staie. Zrównanie więc wyciągnięte na wynalezienie wysokości miejsc danych, potrzebuie dwoiakićy poprawy, aby wydało wypadki rzetelne: poprawa zaś ta na tém zależy, aby służyła na każdy stopień ciepła tak żywego srebra iak i powietrza.

§. XXVII.

Co do pierwszćy poprawy ściągaiaćy się do odmiany objętości żywego srebra z odmiany ciepła pochodzacćy, wie dzieć mamy z doświadczenia, że słup żywego srebra walcowy, który w wodzie ściągaiaćy się od zimna ma długość $= 27$ calów, w wodzie wrzacćy przedłuża się na 6 linii: owszem że w ogólności każdy słup okrągły żywego srebra zupełnie w tymże samym stosunku przedłuża

T a

się

Pierwszą
poprawa
wysokości
wynale-
zionćy.

się, w którym się stopień ciepła podwyższa. (de Luc.) Przeto ténże sam słup żywego srebra stopniami ciepła r przedłuża się na $\frac{6}{80} r = \frac{3}{40} r$ linii, a długość jego na tén czas staie się $C = 27'' + \frac{3}{40} r$. Położywszy więc $r = 16\frac{3}{4}$, wysokość zaś tego słupa na ciepło $16\frac{3}{4}$ nazwawszy D, będzie $D = 27'' + \frac{3 \cdot 16\frac{3}{4}}{40}$. Dwa tu

przypadki rozróżnić potrzeba, ieden kiedy $r < 16\frac{3}{4}$ drugi, kiedy $r > 16\frac{3}{4}$; w pierwszym przypadku będzie $D - C = \frac{3}{40} (16\frac{3}{4} - r)$ to jest liczba linii, które

przydać należy do słupa żywego srebra C, ażeby znaleźć jego długość D, odpowiadającą ciepłu $16\frac{3}{4}$; w drugim przy-

padku wypada postępowanie przeciwne, to jest też liczbę linii potrzeba odciągnąć od słupa żywego srebra C, aby otrzymać długość jego na stopień ciepła $16\frac{3}{4}$. Niech B wyraża liczbę linii zamykających się w wysokości jakiegokolwiek innego słupa walcowego żywego srebra na ténże stopień ciepła r ; przedłużenie zaś tego słupa w stopniu ciepła r położmy $= v$; wiedząc z doświadczenia że przedłużenia różnych słupów walcowych żywego srebra są w stosunku długości samychże słupów, będziemy mieli 27. 12

+

$$+ \frac{3}{40} r: B = \frac{3}{40} (16\frac{3}{4} - r): v, \text{ skąd } v =$$

$$\frac{(16\frac{3}{4} - r)}{4320 + r} B; \text{ to jest liczba linii szuka-}$$

na, mając się przydać albo odciągnąć od słupa B, ażeby otrzymać jego długość stosowną do stopnia ciepła $16\frac{3}{4}$.

§. XXVIII.

Co się tycze drugiey poprawy należący do odmiany stanu powietrza, zawisły od ciepła, tę łatwo nam odkryje następujące rozumowanie. Wiadomo nam jest, że ciepło rozrzedza powietrze, a tén samém ciężar jego gatunkowy zmniejsza, wystawiwszy więc sobie, że powietrze będące między pewnemi punktami A i B, w których wysokości ciężkości są y, i u, rozrzedza się od ciepła większego niż $16\frac{3}{4}$ stopni, rzecz widoczna, że w tym przypadku ciężar powietrza zmniejszać się będzie, a przeto potrzeba będzie wynieść ciężkość wyżej iak do punktu C, ażeby wysokość jego nie insza była iak u. Ponieważ zaś AC jest większe od AB, potrzeba będzie coś przydać do z oznaczonego przez zrównanie podane § 26, jeżeli ciepło jest większe iak $16\frac{3}{4}$ a odciągnąć od z, gdy

ciepło mniejsze jest iak $16\frac{3}{4}$ Ilość zaś

któ-

Drugą po-
prawą.

Fig. 36.

którą w téj mierze przydać albo odebrać potrzeba podług doświadczeń J. P. de Luc, wynosi $\frac{1}{215}$ część wysokości poprawny na każdy stopień cieplomierza Reaum: to jest na stopień ciepła r przydać albo odebrać należy od wysokości z raz już poprawny sążni $v' = r - 10\frac{3}{4}$

215

Objaśnimy to wszystko przykładami.

Przykład pierwszy.

X. Fenillee na wierzchołku góry Pik na wyspie Teneryfie będący znalazł wysokość ciężkomierza = $209''$ przy podstawie zaś téjże góry wysokość ciężkomierza = $334''$, ale stopień ciepła powietrzkregu nie był oznaczony. Przypuśćmy więc, że był = $10\frac{3}{4}$, szukamy jaką będzie wysokość téj góry.

Postępując podług tego, co się powie-
działo w § 26 będzie,

$$l y = 2,5237465$$

$$l u = 2,3201463.$$

$$l \frac{y}{u} = 0,2036002.$$

Rozdzieliwszy więc ten Logarytm przez 10000 wypadnie wysokość szukana góry = $2036,002$ sążni. Ale JP. Bouguer jeometrycznie wymierzając tęż górę znalazł iey wysokość = 2070 sążni.

Przy-

Przykład drugi.

Wysokość Latarni morskiej (Pharus) w Genui podług wymiaru jeometrycznego wynosi $222' 11''$ Paryzkich, szukamy podanemi sposobami czyli też sama wysokość iey wypadnie, wiedząc, że przy podstawie onéjże ciężkomierz wskazywał $338, 656''$ na wierzchołku zaś $335, 844''$, a stopień ciepła średni był na tén czas $19, 6^{\circ}$ Reaum: Będzie więc podług § 27 $v = -\frac{2,85}{43396} B = -0,000657.B$, a

przeto wysokość y poprawna czyli $y' = 338, 434''$, wysokość zaś u poprawna czyli $u' = 335, 624''$. Skąd...

$$l y' = 2,5294741.$$

$$l u' = 2,5258529$$

$$\text{a przeto } l y' - l u' = 0,0036212$$

Jest więc wysokość szukana Latarni raz poprawna czyli $z' = 10000 l \frac{y'}{u'}$

$$36, 212. \text{ sążni } (26) \text{ A że } v' = \frac{2,85, 36, 212.}{215}$$

$$= 0,48 \text{ sążni. Wysokość więc z dwu-}$$

$$\text{krotnie poprawna czyli } z'' = \frac{36, 212}{+0,48}$$

$36,692$
albo $220, 152$ stóp, co się bardzo mało różni od wymiaru jeometrycznego.

§ XXIX.

§. XXIX.

Gęstość powietrzokregu tak prawie zmniejsza się postępując do góry ku górze, iak gdyby powietrze wszędzie było iednako ciepłe i iednako czyste.

Ale to prawidło podług którego za pomocą ciężkomierza wyznaczamy wysokość góru iież, ma tylko miejsce w powietrzu równie wszędzie ciepłym i czystym iakieśmy wyżej powiedzieli (§ 24.), lubo toż prawidło przy tęg nawet iaka jest wrzeczy samę różnica ciepła powietrzokregu wyższego i niższego, bardzo użytecznym jest i więcy niżby się spodziwać można dokładnym. Doświadczono bowiem, iż rzeczone prawidło wymierzania wysokości ciężkomierzem przywiązane do iednostaynego ciepła i czystości powietrzokregu ma ieszcze miejsce, gdy ani stopień ciepła, ani stopień czystości powietrza nie jest iednaki, byłoby tylko wysokość ciężkomierza na dole i w górze postrzegane podług odmiany ciepła była poprawną, oraz w drugięy poprawie wysokości miejsca znalezionę brane było średnie ciepło; to jest żeby w zrównaniu $v = \left(\frac{16\frac{3}{4} - r}{4320 + r} \right) B_r$

ilość v wyrażała ciepło, które się wrzeczy samę bądź w górze bądź na dole znajduje, w zrównaniu zaś $v = \frac{16\frac{3}{4}}{215} z'$ taż ilość r wyrażała średnie

215
ciepło między górnem i dolnem. Znajdując takową zgodę doświadczeń z prawid-

widłem naszym, łatwo się domyslić możemy ię przyczyny. Iako bowiem powietrzokrąg w dolnę części swoięy więcy się rozrzedza od ciepła niż w górnej, tak też przeciwnie w tęgże części dolnę daleko więcy wyziwów znajduje się, które go o tyle prawie nazad zgęszczają, o ile się przez ciepło rozrzedziło: a tak powietrzokrąg taką ma wszędzie gęstość, iakąby miał, gdyby tak w górze iak i na dole był iednako ciepły i iednako czysty.

§. XXX.

Chcąc wymiérzać wysokości miejsce przez Ciężkomierz, nie dosyć jest znać prawidło nie dawno wyłożone, ale potrzeba ieszcze aby ciężkomierz był do tego iak náyłepięy zrobiony, to jest aby rurka szklana miała koniecznie $2\frac{1}{2}$ albo náywięcy trzy linie średnicy wewnętrznej, doskonale walcową o iednę wszędzie grubości, żeby szkło nie było nadto grube, połowa linij jest miarą grubości, którą szkło mieć powinno, żeby rurka wewnątrz żadnę nie miała chropowatości, ale była zupełnie gładka. Jeżeli taki ciężkomierz składa się ze dwóch rurek spółkuiących, czyli z rurki zagiętęy mającę dwa ramiona iaki jest náyłepszy; ramie krótsze byż powinno iednostaynę średnicy i grubości z ramieniem dłuższem, na ramieniu czyli rurce krót-

Jakięgo Ciężkomięra używać mamy do oznaczenia wysokości góry.

krótszemy bydy także powinny podziały i linie poziomo poprowadzone, aby dokładnie poznać można było wysokość słupa żywego srebra przez powietrze podniesionego i oddzielić go od tego, co się mocą żywego srebra w rurce krótszemy podniesionego utrzymuje podług natury ciał płynnych, żywe srebro w tym ciężkomierzu bydy powinno najczystszy, żadnych obcych części, iakie bydy mogą ołów, Antimonium nie zawierając: to żywe srebro jeszcze bydy powinno doskonale wysuszone i z wszelkiego ogołoczone wilgoci. Po tym wszystkiemu, co jest najistotniejszą, bydy powinno żywe srebro przez ogień zupełnie z powietrza obnażone. A ponieważ powietrze nie tylko się może znajdować między częściami żywego srebra, ale nawet przyczepione do boków szkła w rurce, więc starać się należy, aby to powietrze przez ogień zupełnie wypędzić tak ze szkła, iako téż i z żywego srebra. Na ten koniec w robieniu ciężkomierza wypełniając rurkę czystym żywym srebrem, trzymać ją należy nad zarzającymi się węglami tak, żeby w niej żywe srebro wrzało następnie od końca rurki zasklepionego aż do drugiego otwartego. Gdy tym sposobem powietrze zupełnie będzie wypędzone przez ogień, żywe srebro dokładnie przylegać powinno zewsząd do szkła miejsce pró-

żne

żne w górze przy sklepieniu rurki, które się nazywa próżnią *Torycellęgo*, nie ma bydy nadto małe, a to dla tego, że jeżeli nie podobna prawie ogołocić żywego srebra z powietrza, to powietrze zgromadziwszy się potem w to miejsce próżne, im bardziey się rozciągnie, tém mniędy przeszkadzać będzie skutkóm ciężkiego powietrzokregu. Podczas postrzegania czyli obserwacyi bydy powinien ciężarek czyli szródwaga przy ciężkomierzem, aby się zapewnić o jego położeniu zupełnie pionowemu. Nakoniec uważając wysokość, potrzeba trochę wstrzasnąć ciężkomierzem, aby żywe srebro nie przylegało gdzie do rurki, ale wolną było mocą powietrzokregu utrzymywane. Co się tyczy podziału ciężkomierza, ten może bydy następujący: Rurka dłuższa AC, w górze zaklepioną bierze się blisko 32 caliów, krótsza CB otwartą długości u podobanę. Ciężkomierz ten tak się podzieli, ażeby przy linii poziomey DE, blisko na 9 caliów wyniesiony, nad spodek rurki C było położone o, żeby od punktu E spuszczaiąc się ku C było 7 caliów oznaczonych, od punktu zaś D aż do A, na rurce dłuższey caliów 22 do 23 tym sposobem gdy żywe srebro w rurce dłuższey wygórnie n. p. aż do G, w rurce krótszey opadnie aż do F, i będzie D

G + EF prawdziwą ciężkością wysokością, n. p. = 27. calów, gdy $DG = 22, "$ i $EF = 5, "$; w wymierzaniu wysokości miejsc nie dosyć mieć takowy ciężkościomierz, potrzeba jeszcze żeby do niego był przyłączony cieplomierz, a to dla iak najsłowniejszego oznaczenia odmian cieplomierzowych ciężkościomierza. Mając bowiem cieplomierz obok ciężkościomierza, snadniejszy jest w jednymże momencie ich wysokości dostrzegać w jakimkolwiek stanowisku. Wszakże najlepszą mając ciężkościomierz, zawiesiwszy ić obok siebie zdarza się częstokroć doświadczyć, że się nie zgadzają co do wysokości, owszem że się różnią $\frac{1}{18}$ a niekiedy $\frac{1}{8}$ częścią linii Paryzkich. A zatem można powiedzieć, że znalezioną wysokość mierzającą przez ciężkościomierz w tylu stopach nie jest pewną, ile ich odpowiada $\frac{1}{8}$ części linii żywego srebra w ciężkościomierzu.

§. XXXI.

Powiedzieliśmy wyżej, że ciężkościomierz przy powierzchni morza wskazuje 348 linii, kiedy na cieplomierzu jest 16 $\frac{3}{4}$. podniesiony zaś nad tę powierzchnię na 12, 497 sążni (25') czyli 10797, 408. linii przy tymże stopniu ciepła zniża się na jedną linię. Idzie więc zatem, że jedna linia żywego srebra równo waży z 10797, 408 liniami powietrza, a przeto że powietrze zawarte w rozległości 10797, 408 linii

Ciężkość
gatunkowa
powietrza iak
oznaczyć
przez ciężko-
ściomierz.

linii jest tyléż razy lżeysze od żywego srebra. Albo ponieważ żywe srebro 14 razy cięższe jest od wody deszczowej, powietrze lżeysze bydz musi od wody razy 771. Ale iak to bydz może, kiedy gęstość powietrza nie wszędzie iednaka? Lubo gęstość powietrza odmienna bydz musi, podług odmiennéj wysokości iego nad powierzchnią ziemi, z tém wszystkiém w wysokości 12 sążni różnica téżże gęstości tak mała bydz musi, iż bez znacznego a prawie żadnego uchybienia może bydz nierachowana. Powietrze im odlegleysze jest od powierzchni ziemi, tém rzadsze bydz musi, ale nie może nieskończenie rzadnieć. Jest bowiem powietrze płyném, którego cząstki mają z sobą pewny związek, związek ten formuje iemu gęstość właściwą czyli przyrzoną. Ciało naysprężystsze nawet, ani się rozrządza ani zgęszcza wtedy, kiedy inż wszędzie do iednakowéj postaci przyszło. Powietrze więc rozciąganiem się swoim przyszedlszy do stanu przyrzonéj sobie gęstości przestać musi dalej się rozrzedzać (Wst. X. 2.). Atoli jeżeli powietrze gęstszym się staje, iak jest w stanie sobie przyrzonem, zgęszczenie to nie może bydz tylko skutkiem ciśnienia, oraz gęstość nabytą powietrza czyli powiększania gęstości (incrementa) są w stosunku ciśnień im odpowiadających. I tak jeżeli gęstość powietrza przyrzoną jest A, gęstość zaś

zaś powietrza ściśnionego przy powierzchni ziemi m ; gdzie ciężkość wskazuje stopni B , gęstość zaś powietrza ściśnionego nie już przy powierzchni ziemi ale w wysokości x nad tą powierzchnią będącego jest u , gdy ciężkość wskazuje stopni b ; będą się miały powiększania gęstości $m - A$, $n - A$, iak ich ściśnienia czyli $B: b$, wtedy kiedy powietrze jest wszędzie równo ciepłe, i równo czyste. Zatem

$$n = \frac{mb - Ab + AB}{B} \quad \text{W ostatniy kra-$$

inie powietrzokręgu jest $b = 0$ więc tamże $n = A$. A że gęstość przyrodzona powietrza A jest nieskończenie mała względem gęstości powietrza będącego przy powierzchni ziemi, albo w nie wielkiy od nię odległości x ; można więc ię nie rachować bez znacznego uchybienia: a tak będzie $m:n = B:b$. Co przekonywa nas, że zrównanie nasze $z = 10000$.

$1\frac{y}{u}$ ma tylko mieysce w dołney krainie a nie gorney powietrzokręgu: w gorney bowiem częsci gęstości powietrza znacznie odchodzą od stosunku ciśnien, i daleko mnię tam się powietrze rozciąga w porównaniu zmniejszonego ciśnienia, aniżeli w powietrzokręgu dolnym.

§. XXXII.

Jak daleko się powietrzokrąg rozciąga, wysokość ga, dokładnie oznaczyć, nie podobna, Przeto

Przeciąg trwałości mroku i światła, które są skutkiem łamania się promieni światła słonecznego w powietrzokręgu okazuje blisko 4. mile ięgo wysokości. Ale wysokość ta, nie może się brać za wysokość prawdziwą powietrzokręgu, chyba raczej za wysokość téy częsci ięgo, w której łamanie się promieni światła jest znaczniejsze. Jakże oznaczmy resztę wysokości powietrzokręgu? Doświadczenia przekonały, że za pomocą najlepszych wiatrociągów powietrze pod obiętnią nigdy tysiąc razy rzadszém stać się nie może od powietrza zewnętrznego, ale tylko blisko 500. lub 600. razy. Rzecz zaś jest dowodliwą, że przyrodzona gęstość powietrza, nie może byđz mnieyszą od gęstości powietrza iak naybardzię rozrzedzonego. Przypuściwszy więc, iż gęstość przyrodzona powietrza jest 1500. razy mnieysza od gęstości powietrza nas otaczającego i że to nbywanie gęstości idąc od nayniższey aż do ostatniy warstwy powietrzokręgu, dzieje się podług iednostaynego prawa, w ostatniy krainie powietrzokręgu, gdzie powietrze jest razy 1500. rzadszém od powietrza dołnego, będzie wysokość ciężkościerza

$$\frac{348''}{1500},$$

gdyż przy powierzchni morza jest 348.'' Przeto w tym razie będzie $z = 10000$

$$1348$$

powietrza-
kręgu.

$348 (25) = 10000$. I. 1500, to jest wy-

sokość powietrzokregu wypada prawie $= 9$ mil, z którychby każda zamykała w sobie 3600 sążni paryz. Chociażby gęstość powietrzokregu górnego była większa razy 5000. od gęstości powietrzokregu dolnego, z tém wszystkiém zrównanie nasze, nie dałoby nam większą wysokość powietrzokregu, jak około 10. mil. A że wiemy (31.) iż powietrze daleko mniej się rozciąga w górnej części powietrzokregu, jak w dolnej, przeto słusznie wniesć można, iż podług wszelkiego do prawdy podobieństwa, wysokość powietrzokregu, nie może dalej zachodzić, jak do 8. blisko mil.

§. XXXIII.

Bania
Montgol-
fiera.

Jeżeli ciała gatunkowo lżeysze od powietrza nas otaczającego wznoszą się do góry, łatwo się domyślić można, że i kula iakażkolwiek wewnątrz wydrążona, a płynem gatunkowo lżeyszym od powietrza pospolitego napelniona, wznosić się będzie do góry, chociażby była z ciała przycięższego wyrobiona, gdy dosyć jest cienką i znaczney wielkości. Nikt zaiste o tym skutku nie powatpiwał: ale wynaleźnięcie płynu gatunkowo lżeyszego od powietrza, równie zaś jak one sprężystego, to jest takiego, któryby wypełniając kulę nie dopuszczał ię się spłaszczać, za-

wsze

wsze było rzeczą trudną. Pierwszy JP. *Montgolfier* we Francyi w Roku 1783. uścił myśl takową, potrafiwszy puścić banię znaczney wielkości, która przez samo popychanie powietrzokregu do znaczney się wysokości wyniosła. Bania ta była płócienną, papierem wewnątrz wykleioną, szwy czyli spojenia ię powrózkami przeplatanemi wzimocnione były. Obwód bani był prawie $= 100$. stóp, a bryłowatość ię koło 22000 stóp sześciennych; od dołu miała otwór kwadratowy, którego boki a bardzię listwy drewniane, iakoby za podstawę téj bani służyć, miały długości po 10 stóp, w środku tegoż otworu wisiała siatka żelazna na łańcużkach, na której przez dorzucanie słomy wraz z wełną siekaną ciągle się ogień utrzymywał, gdyż obydwie te ciała, mając w sobie podostatek materyi palnćy, płomieniem gorela nymnię dymiąc. Tym więc sposobem powietrze w kuli będąc, nie tylko się rozrzedzało, ale też płyn dobywający się ze słomy i wełny gorejąćy, gatunkowo lżeyszy od powietrza, wypędził go z nię samiego zajmując mieysc. Płyn ten był lżeyszy od powietrza otaczającego prawie połową, lubo zarówno z nię był sprężysty: ważył zaś funtów 990. Aże sama kula przez się ważyła funtów 500. jeżeli więc 22000 stóp sześciennych powietrza

U waży

waży około tysiąc dziewięćset dwadzieścia pięć funtów, uważając powietrze jako lżejsze od wody 800 razy, kula owa musiała zaczynać się podnosić do góry siłą blisko 435. funtów.

§. XXXIV.

Inna bania
powietrz-
na.

Wynalazek ten JP. *Montgolfiera* dał pochoch do innego sposobu robienia kuli powietrznej w Paryżu w tymże roku. Znano bowiem już na ten czas szczególny gatunek powietrza z rozmaitych ciał, a mianowicie z żelaza przez kwas koperwasowy rozpuszczonego dobywający się, nie równie lżejszy od powietrza pospolitego, to jest *powietrze palne*, tak nazwane od własności łatwego zapalania się, gdy jest zmieszane z powietrzem pospolitem: takowym więc płynem starano się banię napęlić. Że zaś powietrze palne składa się z cząstek drobnich, łatwo inne ciała przenika lub trawi, przeto rzeczona kula była z materii iedwabnej, wewnątrz należycie nawiedziona klyiem zwanym *gumą sprężystą*, część iey dolną zamiast otworu miała rurkę z czopkiem ruchomym, którego można było powietrze wewnętrzne wypędzić przez samo iey ciśnienie czyli spłaszczenie, zabronić zaś wejścia powietrzu zewnętrznemu przez zakręcenie kółka. Była jeszcze do tego beczka, do której przez otwór poboczny opłiki żelazne czyste, i kwas koperwasowy także

także czysty, należycie wodą roztworzoną wpływał, po czém tenże otwór zamykał się, a rurka tuż obok niego będąca, łączyła się z otworem rurkowym kuli. Powietrze palne wielkiej obfitości z beczki do kuli przechodząc, wydymało ją i napęliło, a robiło lżejszą od powietrza otaczającego, tak dalece, iż kula kółkiem zamkniętą do znacznej wysokości się wyniosła. Rozmaite potem kule powietrzne tego i tamtego gatunku, różne co do kształtu i wielkości robiono i puszczano, za pomocą których ludzie nawet na łódkach pod niemi wiszących, do znacznej wysokości wynosili się.

R O Z D Z I A Ł II.

o ruchu płynów w ogólności

§. I.

Wystawmy sobie naczynie iakić ACDB, napęliłone wodą lub innym jakimkolwiek płynem aż do powierzchni poziomej AB, mając na dnie otwór pionowy EFHG, walcowy lub graniasty, niekończący się, przez któryby woda własnym ciężarem wytryskiując, najmniejszego nie doznawała tarcia, lub innej iakięj przeszkody, a statecznie zachowywała kierunek EC, i tenże otwór należycie wypełniała. Co gdy tak jest, podstawa

Prędkość
wody wy-
pływają-
cej z na-
czynia
przez o-
twór nie-
skończę-
nie mały.

Fig. 88.

U 2

rzeczo-

rzeczonego otworu EF, wytrzymywał będzie parcie słupa wodnego EF, FI; że zaś przez otwór nieskończenie mały nie może uysć w danym czasie z naczynia, tylko ilość wody nieskończenie mała, przeto wysokość tego słupa, zawsze bydz musi iednaką, a tém samém i siła cisnąca na EF, czyli ciężar słupa EF, FI, będzie siłą iednostayną. Kropla zaś EGHE, wytryska z otworu w przeciągu czasu najmniejszego t, i przy końcu tegoż czasu, taką ma prędkość C, z jaką woda płynie przez otwór GH; o czém, aby się przekonąć, przypuścimy, że naczynie AD jest próżne, i że sama tylko kropla LGHM, własnym ciężarém wypada przez GH, w tymże czasie t, a przeto że MH jest wysokością wolnego spadku należącą do czasu t; a będzie w tym razie siła ciśnienia, czyli ciężar kropki rzeczonej EFMH, siłą iednostayną, z której w czasie t, rodzi się prędkość c. Aże siły iednostaynie działające są w stosunku biegów ich w równym czasie sprawionych (XII. Roz. I. §. 12.) biegi zaś podstępne są w stosunku mnogości powstających z miąższości i prędkości (XIę. I. Roz. II. §. 8.) będzie się więc mieć ciężar słupa EFI. do ciężaru kropki GM. czyli EF. FI: EF. MH. iak C. EF. FH: c. EF. MH, albo zniósłszy spólne mnożniki FI: MH = C. FH: c. MH. Są zaś biegi przez wysokości FH i MH biegami

gami iednostaynie przyspieszonymi, XIę.) II. Roz. I. §. 11. 12.) bydz więc musi

$$C = \frac{2FH}{t}, \text{ toż } c = \frac{2MH}{t} \text{ (XIę. I. Roz.}$$

$$\text{IV. §. 7.) a zatem } C:c = \frac{2FH}{t} : \frac{2MH}{t} =$$

FH: MH. A że było FI: MH = C. FH: c. MH. więc będzie FI: MH = C² c². Dajmy teraz, że ciało iakie wolnie spada iac przez wysokość FI, nabywa prędkości V, a będziemy mieli V²: c² = FI: MH, a zatem V²: c² = C² c² skąd wypada V = C to iest: płyn wytryska z otworu EH prędkością odpowiadającą wysokości wolnego spadku FI. I ta to iest prędkość, którą wszystka woda z naczynia wypływać będzie, gdy i wysokość FI i ciśnienie na EF nie odmięnia się.

§. II.

Przypuściwszy, że kanałem AH iakiegokolwiek kształtu płynie woda tak, iż ilę ięy uchodzi z jednéj, tylę przybywa z drugięj strony, i że w każdym z osobna przecinku AB i GH prędkości cząstek płynu będąc równemi, mają kierunki prostopadłe do tychże przecinków; szukamy iakie będą prędkości przecinków AB, GH? Dajmy tedy, iż w czasie iakim najmniejszym t przechodzi przecinek AB, na EF, i GH na LM, weźmyż tenże czas za nieskończenie prawie mały, to iest tak, w którym-

Prędkość wody różna iest w różnych przecinkach (section) danego naczynia.

Fig. 89.

w którymby znaczna odmiana biegu stać się nie mogła, a tém samém kierunki i prędkość cząstek wodnych tak w przecinku AB i EF, iako też w GH i LM były też samé. Co skoro tak jest, biegi z AB, na EF i z GH na LM bydz muszą iednostajne, przecinki zaś same AB i EF, GH i LM, między sobą równoległe. A że w biegach iednostajnych prędkości są w stósunku miysc w jednymże czasie przebytych, prędkość więc c iakiéykolwiek cząstki przecinka AB, mieć się będzie do prędkości C iakiéykolwiek przecinka cząstki GH, iak się mają odległości AE: GL lub BF: HM w jednymże czasie najmniejszym t, biegami iednostajnymi przebyté. Ażeśmy przypuścili, że ile płynu uchodzi z przestworu (spatium) ze strony GH, tyle go w równym czasie przybywa z przeciwnéy strony EF, bydz więc musi graniastostup GHGL równy graniastostupowi AB AE. a stąd $AB:GH = GL:AE = C:c$, to iest prędkość C przecinka GH ma się do prędkości c, przecinka AB, iak przecinek AB do przecinka GH. Skąd się wnosi ogólnie, że prędkości wody w różnych przecinkach naczynia są w stósunku odwrotnym tychże przecinków.

§. III.

Oznaczysz prędkość wody wytryskującéy z naczynia przez otwór nie-wody wy- skończenie mały, oszacujemy prędkość iéy wytry-

O RUCHU PŁYNÓW W OGÓLNOŚCI 311

wytryskania przez otwór, który ma znaczną iakąkolwiek obszerność, iakim iest n. p. otwór poziomy CD na dnie naczynia iakiéykolwiek kształtu HB, przez który to otwór woda własnym ciężarém wyciekać może. Wyciekanié to dziać się nie może bez opadania powierzchni wody pozioméy AB pewną iakąs prędkością: dáymy tedy, że każda cząstka rzeczonéy powierzchni opada pionowo, prędkością Fig. 90. zawsze iednaką, i że taż prędkością odpowiadającą wysokości AG, tylé wody ustawnie przybywa, ile iéy potrzeba do utrzymania się przy iednakiéy wysokości w naczyniu pod czas odchodu. Co łatwo bydz może wyobrazivszy sobie nad AB, naczynie EF. niezmiernéy obszerności, napelnioné wodą do wysokości AG, z którégoby rzeczoná ilość wody nieprzerwanie przybywała do AB: w tym bowiem razie AB, brać się może za otwór nieskończenie mały naczynia EF, nieskończenie wielkiego, a tak prędkość wody przechodzącéy przez AB, odpowiadać będzie wysokości AG. (§. I.); na iedno więc tu wypada, czyliby kto nieustannie przyléwając wody do AB, wypelniał nią naczynie, czyli też woda sama przez się nieustannie wpływała z naczynia EF. w obydwóch razach ruch przecinka AB naczynia stale pełnégo, zawsze iest iednaki. Aże podług założenia, tylé wody wcho-

plywają-
céy z na-
czynia sta-
le pełnégo
przez o-
twór pe-
wnéy wiel-
kości.

dzi do naczynia BH przez otwór AB, ile ię uchodzi w równym czasie przez otwór CD, więc biegi przecinków AB i CD są jednakie, a przeto prędkość C, którą każda cząstka przecinka CD pionowo bieży, mieć się będzie do prędkości c każdej cząstki przecinka AB w takimże kierunku bieżący, jak się mają odwrotnie też odcinki to jest: jak AB: CD, (§. 2.) albo przypuściwszy, że te przecinki są figurami podobnemi, i że AB i CD są ich średnicami lub wymiarami odpowiadającemi sobie (dimensiones homologae) będzie C: c = AB²: CD². Że zaś jeżeli AB można było brać za otwór nieskończenie mały naczynia EF, tém bardziej, że za takiż otwór naczynia EF brać można CD, prędkość więc C, odpowiadać będzie wysokości GH. (§. 1.) prędkość zaś c do wysokości AG = HG — AH, a zatem C: c = √HG: √(HG — AH) czyli C²: c² = HG: HG — AH = AB⁴: CD⁴. Skąd HG.CD⁴ = HG. AB⁴ — AHAB⁴, a przeto GH = $\frac{AHAB^4}{AB^4CD^4}$.

Zrównanie to daie szukaną wartość wysokości, której odpowiada prędkość wody wypływający z naczynia stałe pełnego przez otwór pewnej wielkości, a przeto oznaczają też prędkość. Ażeby zaś ten wyraz prędkości wystawić w wzorze, ogólniejszym, położmy wysokość

sokość GH = b, średnicę otworu CD = d, wysokość wody w naczyniu AH = a, średnicę górnej powierzchni wody AB = f; a tak zrównanie powyższe, zamieni się na $b = \frac{af^4}{f^4 - d^4}$, gdzie pomnieć należy na

warunki, z których takowe prawo ruchu jest wyciągnięte, a zatem w których okolicznościach może i powinno mieć miejsce.

§. IV.

Zastanowiwszy się uwagą nad zrównaniem $b = \frac{af^4}{f^4 - d^4}$ wyrażającym prawo

biegu przez otwór daney wielkości z naczynia stałe pełnego, następujące wypadają wnioski: 1^o w zrównanie to, nie wchodzi kształt naczynia, lecz tylko wchodzi ilości f, a, d; przeto prędkość rzeczónego biegu bynajmnię nie zawisła od kształtu naczynia, lecz tylko od obszerności zwierchniego przecinka wody w naczyniu ię wysokości i obszerności otworu przez który wycieka, 2^o ponieważ wysokość b, wyraża się przez ilości stałe f, a, d, musi być nieodmienną, a zatem takąż być musi i prędkość onęj odpowiadająca (m). 3^o Położywszy $d = \frac{1}{10} f$, a przeto

$$d^4 = \frac{1}{10000} f^4, \text{ bez znacznego uchybienia}$$

Woda wycieką z naczynia stałe pełnego prawie zawsze prędkością odpowiadającą ięj wysokości w témże naczyniu.

brać

brać można $f^2 d^4 = f^4$ w tym zaś razie
 zrównane $b = \frac{af^4}{f^2 d^4}$ zamieni się na

$b = a$, to jest: wytryska woda z naczynia
 stałe pełnego, prawie zawsze prędkością
 swoją odpowiadającą wysokości tej w na-
 czyniu, gdy otwór nie jest zbyt obszerny
 n. p. nie większy jak średnicy $= \frac{1}{2} f$. 4°
 wzięwszy zaś $d = f$, wypada $b = \frac{af^4}{0}$,

to jest w tym razie prędkość biegu jest
 nieskończenie wielka. Jakoż przez na-
 czynie z obydwu końców otwarte, samo-
 wolnie spada woda, tak jakby ciało stałe,
 i bezustannie przyspieszać powinna bieg
 swój.

§. V.

Zyła wo-
 dy zwartą
 (vena con-
 tracta
 aquae)

Fig. 91.

Do płynu przezroczystego wysypawszy
 proszek mialki, postrzeżemy, że ten płyn
 wyciekając z naczynia AC, stałe pełnego
 przez otwór EF, wchodzi weń pionowo
 przy osi GH, w jnnych zaś miejscach tém
 ukośnięty, im bardziey jest oddalony od
 téjże osi, tak dalece, iż na dnie naczynia
 bierze kierunek poziomy, kierunki zaś
 średnic IH, LH, odpowiadające dwóm
 połowicom HF, HE, przecinka EF, równo
 są oddalone od osi i dna naczynia, bo
 czynią kąty GHI, i GHL równe, z któ-
 rych każdy wynosi 45°. Biegi więc równe
 wyrażające się przez linie HI, HL, ro-
 zebrać

zebrać się mogą na biegi IG, GH, i GL, GH;
 z których dwa IG, GL, są poziome i
 wprost przeciwległe sobie, a zatem iako
 równe, wzajemnie się ieden przez drugi
 znosi. znosząc się zaś ścisłą strumień
 (vena) wytryskujący. Musi więc być
 w tym strumieniu iakiś miejsce n. p.
 N. gdzie rzeczone biegi wcale nie mają
 miejsca, i tylko same biegi cząstkowe GH,
 GH, czyli bieg całkowity GH pionowy
 znajduje się, i tym tylko biegiem cały
 przecinek poziomy MN, odchodzi; prze-
 cinek takowy, nazywa się przecinkiem
 żyty zwartéy (sectio venae contractae)
 odległość jego FN od otworu (jak uczy
 doświadczenie) prawie zawsze równa
 się połowie średnicy tegoż otworu, to
 jest prawie $FN = FH$; sam zaś strumień
 przebywszy przecinek MN, bierze kształt
 walca lub graniastostupa, zwłaszcza gdy
 działanie ciężkości, lub opór powietrza
 mniéj, ku temu przeszkadza. Cały więc
 przecinek EF uchodzi w kierunku HO
 prędkością GH; uchodziłby zaś prędko-
 ścią $C = IH = LH$, która ma się do GH,
 iak $\sqrt{2} : 1$, gdyby wszystkie cząstki pły-
 nu w EF bieg tylko miały pionowy, i prę-
 dkośc e odpowiadają wysokości PH (§. 4.)
 tak iak w rzeczy samey w przecinku żyty
 zwartéy MN w tymże kierunku wszyst-
 kie cząstki płynu uchodzą prędkością od-
 powiadającą wysokości PO. Gdy tedy
 otwór

otwór EF jest arcy szczupły, a tém samém i wysokość PO, prawie równa wysokości PH, mieć się będzie przecinek żyły zwartéy MN do otworu EF prawie jak $1 : \sqrt{2} = 1 : 1,41$. Co właśnie Newton odkrył przez doświadczenie: są bowiem prędkości przecinków (§. 2.) w stosunku odwrotnym tychże przecinków, kiedy zaś otwór EF będzie miał pewną obszerność n. p. średnicy iednocalowéy lub większéy, na tén czas płyn między H i O, znacznie się przyspiesza, a tak i stosunek przecinków MN i EF nieco się powiększa.

§. VI.

Prawdę w § poprzedzającym z rozumowania wydobytą stwierdzić ieszcze można doświadczeniami. Wziawszy naczynie CB, napełnione wodą aż do CE, mając otwór poboczny ciasny przy punkcie F (który to punkt bierze się za punkt średni przecinka żyły zwartéy) linia EF

Doświadczenia okazujące prędkość strumienia, wytryskiującego przez otwór naczynia stale pełnego.

(m) Wniosek ten zgodny jest z przypuszczeniem § poprzedzającego, gdzie powiedzieliśmy, że biegi górney powierzchni wody i otworu są iednakié, owszém jest on wypadkiem tegoż przypuszczenia. Wszakże oderwawszy uwagę choć na moment od tegoż przypuszczenia, przyznać musimy, że prędkość b podług wszelkij ścisłości byż ilością stateczną nie może. Potrzeba bowiem pewney chwili czasu, aby ruch już sprawiony w otworze naczynia, udzie-

Fig. -92.

EF pionową, łączącą ténże punkt z powierzchnią górną wody, będzie wysokością odpowiadającą prędkości wody w przecinku ténże żyły zwartéy. Dámy bowiem, że naczynie CB, z którego tylé przybywa, ilé ubywa wody, czyli stale pełné, stoi na tablicy pozioméy AD, i że żyła wody poziomie wytryskiując będąc bardzo cieką spada na pewny iey punkt A; wymiérzwszy więc odległość tego punktu od pionowéy FB, iako też i samą pionową FB, oznaczyć można będzie prędkość c przecinka żyły zwartéy. Tén bowiem przecinek dla zbytniey ciekłości strumienia przypada w samym boku naczynia: bieg zaś strumienia jest dwoisty, ieden iednostayny i poziomy prędkości c, którym on przebiegłby mieyscé FH = BA w czasie t, drugi pionowy, którym samowolnie spadłby przez FB = HA w tymże czasie t; (XIę. I. Roz. VI. §. 7.) będzie więc $c = \frac{BA}{t}$. Niech g wyraża wyso-

kość,

lił się dalszym i wyższym częściami wody, a zatém inszy byż musi biega samym początku, a inszy na potém. Ze zaś doświadczenia nauczają, że różnica ta czasów jest na der mała, tak dalece, że spodnią i górną powierzchnia wody w jednymże prawie momencie, iednaką prędkością odchodzić poczynają: przeto też w podobném zdarzeniu, taż różnica czasów zaniechaną byż może.

kość, przez którą ciało samowólnie spada w czasie 1", będzie $g:FB = 1:t^2$, zatem

$$t^2 = \frac{FB}{g} \text{ i } c^2 = \frac{BA^2}{FB} g. \text{ Oprócz tego nie-}$$

chay a wyraża wysokość odpowiadającą prędkości c , będziemy mieli $g:a = 4g^2$

$$c^2 \text{ skąd } 4ga = c^2 = \frac{BA^2}{FB} g \text{ toż } a = \frac{BA^2}{4FB}.$$

To ostatnie zrównanie odkrywając to, czegośmy szukali, bylebyśmy tylko oznaczyli ilości AB , FB , które iak wiemy, łatwo oznaczone być mogą przez rozmiar: doświadczenie nawet przekonało, że kiedy otwór F , jest wydrążony w blaszce iak najcięższy, i kiedy $FE = 18''$ FB , na ten czas prawie jest $BA = 35,5''$; zaś

$$a = \left(\frac{35,5}{4 \cdot 18} \right)^2 = 17,5''. \text{ Co dowodzi,}$$

że prędkość przecinka żyły zwartéj odpowiada wysokości wody w naczyniu nad tymże przecinkiem. Wszakże wysokość ta mniejsza nieco okazywać się zwykła w doświadczeniach z przyczyny tarcia i oporu powietrza. Używszy zaś zamiast blaszki cienkiej przedziurawionéj w F , krótkiey rurki walcowéj, rozlicznemi doświadczeniami przekonać się można, że ogólnie przy iednakich okolicznościach rzeczona wysokość prędkości choćby ną-
więk-

wieksza, jest prawie $= \frac{7}{10}$ FE , to jest daleko mniejsza od téj wysokości, którą bywa w otworze blaszki cienkiej, a którą nader się zbliża do wysokości EF , zaczęm wielką zachodzi różnica między odchodem płynów przez otwór blaszki, i między ich odchodem przez rurkę.

§. VII.

Użyjemy teraz ustanowić stosunek między przecinkiem żyły zwartéj a otworem blaszki; a naprzód rozróżniemy to, co się nazywać zwykło odchodem w naczyniu wody rzeczywistym, a odchodem stosunkowym, który choć nie właściwie zwą przyrodzonym. Odchód rzeczywisty, jest to ilość wody, która w danym czasie w saméj rzeczy odchodzi z naczynia: odchód zaś stosunkowy, czyli iak go nazywają naturalny, wyraża ilość wody, któraby w tymże samym czasie co i tamta odeszła z naczynia, przez otwór blaszki cienkiej, gdyby przecinek cyfki, równał się zwierzchniemu otworowi naczynia, oraz gdyby prędkość wody w tymże przecinku, odpowiadała wysokości w naczyniu nad tymże przecinkiem. Położmy więc że zwierzchnia zwierzchniego otworu naczynia $= 2$, wysokość zaś wody w témże naczyniu nad przecinkiem żyły zwartéj $= a$, będzie odchód stosunkowy iedný

Odchód wody rzeczywisty przyrodzony (dispendium verum & naturale).

iednėy sekundy $= 2b^2\sqrt{ga}$, gdzie g wyr-
ża wysokość samowolnego spadku ciała
w przeciagu sekundy (Xię. I. R. III. §. 2.)
To mając nazwiemy x^2 powierzchnią,
przecinka żyły zwartėy, i razem przy-
puścmy, że prędkość tego przecinka od-
powiada wysokości a : w takowym razie
 $2x^2\sqrt{ga}$, będzie odchodem wody rzeczy-
wistym. Zaczem, ma się odchód stósun-
kowy mogący się oznaczyć przez rachun-
ek, do odchodu rzeczywistego odkryć się
mogącego przez doświadczenie, iak się
ma $b^2 : x^2$ to jest, iak zwierzchni otwór
naczynia do przecinka żyły zwartėy.
Wszakże stósunek ten odchodów wody
pomienionych bywa częstokroć większy
od stósunku dopiéro rzeczonego, a to dla
tego, że prędkość wody w przecinku żyły
zwartėy nieco mniejsza bywa od tėy, która
wysokości a odpowiada; co jest skutkiem
tarcia i oporu powietrza. A że doświad-
czenia nauczają, że stósunek odchodów,
przy równych okolicznościach, wzrasta
za powiększeniem się wysokości wody
w naczyniu; wnieść więc należy, że tar-
cie wody powiększa się z powiększającą
się prędkością. Przydać tu potrzeba i to,
że przy jednakich wysokościach wody
w naczyniu, tēm większe jest tarcie, im
większa jest powierzchnia tarcia podł-
gająca; czego doświadczyć można na
otworach równy powierzchni, lecz nie
jedna

iednakięy figury n. p. kulistych i kwadra-
towych. Przy równych bowiem okolicz-
nościach w jednymże czasie, więcej od-
chodzi wody przez tamten iak przez
ten (*).

§. VIII.

Wielokrotne przekonaty doświadcze-
nia, że kiedy wysokość wody w naczyniu
jednakowo zawsze nią napełnionem nie
przechodzi 10. lub 20. stóp, średnica zaś
otworu blaszki cienkięy, nie jest większa
iak na iedn lub dwa cale; na tén czas i-
akokolwiek woda wytryska, poziomo lub
pionowo, ma się odchód rzeczywisty do
odchodu przyrodzonego prawie iak 5 : 8
(Bofsut Hydrodynamica II. p. 20.) to jest
odchód rzeczywisty $= \frac{5}{8}$ odchodu przy-
rodzonego: czyli odchód rzeczywisty
iednėy sekundy nazwawszy m , odchód
zaś przyrodzony p , będzie $m = \frac{5}{8}p$. A że
odchód przyrodzony iednėy sekundy zna-
leżliśmy $= 2b^2\sqrt{ga}$, więc $m = \frac{5}{8}2b^2\sqrt{ga}$
 $= \frac{5}{4}b^2\sqrt{ga}$. Zrównanie to daie wartość
odchodu rzeczywistego iednėy sekundy
w funkcyi odchodu przyrodzonego: mając
więc daną stałą wysokość wody w naczyniu
iakiem i wielkość iego otworu, łatwo
w będzie

Stósunek
zachodzą-
cy między
odchodem
wody rze-
czywi-
stym i stó-
sunekowym

(*) Obwód koła zawsze jest mniejszy od obwo-
da kwadratu lub innėy iakięykolwiek Figury
prostokątnej równy iemu co do powierzchni

będzie można oznaczyć ilość wody, któraby w pewnym czasie n. p. w 1' odęysdz mogła, to jest wynaleźć odchód ięj rzeczy-
wisty, szukając piérwéy odchodu przyrodzonego, a tén potém mnożąc przez 5. I tak niech będzie średnica otworu kolistego, w blaszce wywierconego $= \frac{1}{2}'' = 0,5''$; powierzchnia ięgo będzie $= 0,196'' = b^2$. Niech wysokość wody w naczyniu czyli a, należąca do prędkości c, $= 2\sqrt{ga}$, będzie $= 9$ stóp, będzie też $c = 2\sqrt{9g} = 6\sqrt{g} = 6\sqrt{15}$ stóp $= 23,32$ stóp $= 279,8''$ przeto odchód przyrodzony iędnęj sekundy czyli p. $= 2b^2\sqrt{ga}$ będzie $= 0,196 \cdot 279,8 = 54,8''$; iędnęj zaś minuty $= 3290''$. Zatem $m = \frac{5}{8} \cdot 3290'' = 2056$ całów sześciennych, to jest wartość szukaną odchodu istnego na iędną minutę. Ale w rzeczy samey w tymże czasie odeszło z naczynia wody tylko 2018, całów sześciennych Bofut II. §. 26, co pokazuje iak się zbliża rachunek do istotnéj prawdy.

§. IX.

Ponieważ woda z naczynia stale pełnego wytryskuje prawie zawsze prędkością odpowiadającą wysokości nad otworem, przeto gdy ténże otwór będąc pobocznym mieć będzie położenie pionowe lub ukośné, na ten czas woda odchodząc przezeń, nie będzie mogła mieć iędnakięj prędkości

Odchód
wody
przez ot-
wory po-
boczne.

Fig. 22.

w ka-

w każdym ięgo miejscu, ale cząstki niższe prędzēy, wyższe powolnićy odchodzić będą: w tym więc razie będzie średnia iakaś prędkość, do którēy się odnosi odchód wody przyrodzony, to jest potrzeba będzie mnożyć średnią iakaś prędkość przez powierzchnię otworu, aby oznaczyć rzeczony odchód. I tak przypuściwszy że AB, wyraża otwór pionowy, i że $AC = CB$, oraz że woda aż do A tylko wypełnia naczynie, będzie się mieć prędkość odchodzący wody przez B do ięj prędkości odchodzący przez Ciak $\sqrt{AB}$: $\sqrt{AC} = \sqrt{2} : 1 = 1,41 : 1$. A że przy samey powierzchni wody czyli w A, nie masz żadnéj prędkości, czyli, że ta $= 0$; na spodzie zaś, to jest przy B, jest ona $= 1,41$; przeto średnia prędkość należąca do punktu C, będzie $= 0,7$. Lecz punkt średni C, ma prędkość $= 1$, zatem większą aniżeli średnia. Toż zdarzenie ma miejsce, gdy otwór poboczny naczynia jest kolisty, cząstki bowiem płynu szrodkiem ięgo odchodząc, odchodzą nieco prędzēy iak średnia prędkością, iędnak-
że im wyżēy naczynie wodą jest napelnione, nad otworem, albo im mniejszy sam otwór, tēm mniejsza zachodzi różnica między prędkościami cząstek płynu wyższych i niższych, a tēm samém prędkość szrodka otworu, tēm bardziēy zbliża się do prędkości średniēy; owszēm do-

Wz

świada

świadczenią przekonywają, że choćby też otwór naczynia był dosyć obszerny, i wysokość wody nader mała, bez znacznego uchybienia brać można wysokość wody nad szrodkiem otworu za wysokość należącą do prędkości średniej, przez którą oznaczają się odchód przyrodzony.

§. X.

Umiejąc już iakokolwiek oszacować ilość wody odchodzącej z naczynia stale pełnego przez otwór w blaszce cienkiej wywierconej, można będzie oznaczyć odchód iey przez rurkę krótką n. p. GF. walcową, naczynia AI stale wodą napelnionego. Idąc zaś od łatwiejszych do rzeczy trudniejszych, przypuścmy, że długość téj rurki, równa się połowie iey szerokości, albo przynajmniej mało co się od niéy różni. W tym razie strumień wytryskujący, żadnego nie poniesie zwarcia czyli ściśnięcia, tak dalece, że każda cząstka płynu przechodzić będzie przez przecinek EF w jednymże kierunku GE. Podczas takowego odchodu uderzywszy młotkiem lub czém podobnym rurkę, woda od niéy odskakuje i prędzej odchodzi poczyną z naczynia AI. to jest: tylé iey odchodzi w danym czasie, iléby odeszło przez otwór blaszki równy GH = EF: co dowodzi, że bieg wody w rurce opóźnia się przez wzajemne ciąż przyciąganie się. Jeżeli AB wyraża powierzchnią wo-

dy

dy przeciągniąną aż do C, linia zaś CD wyraża wysokość teyże wody po nad osi rurki, a przecinek EF, przecinek żyły zwartéj, będzie prędkość tego przecinka należącą do wysokości CD (§. 9.) prędkość zaś przecinka GH, dla pochyłości kierunków cząstek wodnych w tymże przecinku będzie na ten czas $= c\sqrt{\frac{1}{2}} = 0,71, c$. (§. 5.). A że podług doświadczenia z przyczyny wzajemnego ciąż przyciągania się przy obydwóch przecinkach EF i GH równą prędkością odchodzi woda, musi więc przecinek EF opóźniać się w biegu przecinkiem GH, ten zaś wzajemnie przyspiesza się tamtym, a tak obydwie średnią biegą prędkością, która w tym razie jest $= c\frac{1+0,71}{2} = 0,85c$.

A że wysokości są w stosunku kwadratów prędkości im odpowiadających, będzie się więc mieć $c^2(0,85)^2$ c^2 lub 1: 0,72 iak się ma CD do wysokości b, należący do prędkości 0,85c, którą to prędkością żyła wytryskuje z rurki. Jest więc wysokość $b = 0,72$. CD, właśnie taka okazuje się w doświadczeniach (§. 6.). Z czego wniesć należy, że gdy nie idzie o wielość wody wytryskującej, lecz tylko o iak największą wysokość wytryskania n. p. iak w fontanach i innych narzędziach podobnych potrzeba użyć otworu blaszki cienkiej, a nie zaś rurki.

Prędk.

Prędkość bowiem wody w przecinku żyły zwartéj przy równych okolicznościach zawsze jest większa od prędkości w otworze rurki.

§. XI.

Rzeczywisty
odchód
wody
przez rurkę
krótką.

Fig. 94.

Chociaż rurki osłabiają prędkość wody, z tém wszystkiém odchód łyły rzeczywisty przez rurkę krótką walcową, zawsze jest większy przy równych okolicznościach od odchodu rzeczywistego przez otwór blaszki: żyła bowiem wyszedłszy z rurki najmniejszego nie ponosi więcéj ściśnięcia, a zatem na każdą sekundę odchodzi przez nią ilość wody $= 0,85 cd^2$, gdzie d^2 wyraża powierzchnię otworu EF. Gdybyśmy zaś na to miejsce użyli otworu blaszki równego co do powierzchni otworowi rurki, ilość wody przez każdą 1" odchodzącą, byłaby $= \frac{5}{8} cd^2$ 0,625 cd^2 ; (§. 8.) przeto jeżeli odchód przyrodzony jest $= 8cd^2$, tedy odchód rzeczywisty przez otwór blaszki jest $= 5cd^2$ odchód zaś przez rurkę krótką $= 0,85 d^2$; wszakże ten ostatni odchód mniejszym się pokazuje w doświadczeniach, to jest prawie tylko $= 0,5cd^2$ a to z przyczyny tarcia i oporu powietrza. Zaczém w ogólności odchód przyrodzony i odchód rzeczywisty przez rurkę krótką i przez otwór blaszki cienkiej prawie zawsze (odług doświadczenia) są w stosunku liczb 16, 13, 10. Ale to tylko w tym przy-

ORUCHU PŁYNÓW W OGÓLNOŚCI 327

przypadku, kiedy długość rurki równa się albo przynajmniej mało co się różni od połowy łyły szerokości. Gdyby zaś rurka krótka miała kształt ostrokągu uciętego LEFM, na tén czasby prędkość wody w przecinku EF wraz z odchodem rzeczywistym powiększała się, ponieważ w tym razie przecinek EF nie doznawałby takowego opóźnienia biegu swego, iakięgo doznaie w rurce walcowej. Największą więc będzie prędkość przecinka EF wtedy, gdy odpowiada całej wysokości CD, a tén samém największy będzie odchód, gdy przecinki LM i FM. są w stosunku $\sqrt{2}:1$, to jest kiedy rurka ma kształt żyły zwartéj. Gdybyśmy zaś podstawę LM jeszcze bardziéj rozprzestrzenili, a niżeli była rozprzestrzenioną wtedy, kiedy prędkość w EF była największą, zmniejszyłby się odchód rzeczywisty, boby żyła zwarła się ieszcze, nimby przyszła do otworu rurki. Podobnieby się stało, gdybyśmy nie tykając podstawy otworu GH, zmniejszyli otwór EF, to jest zmniejszylibyśmy odchód wody powiększając łyły prędkość. Wszakże przeistaczając rurkę walcową na ostrokągową, nie można bardziéj powiększyć prędkości wytryskującej wody iak w stosunku 13: 16.

§. XII.

Z naczynia AC woda odchodzącą rurą DE, wytryskuje przez otwór poziomy Fontanny przy

czyli zróż-
nio białe.

Fig. 95.

przy E do pewnej wysokości EF, która znacznie jest mniejsza, od wysokości EG, równającej się wysokości wody w naczyniu AC, w którym linia AB wyraża powierzchnię wody, linia zaś AG jest jej przedłużeniem. Skutek ten opóźnienia biegu wody przypisać potrzeba już oporowi powietrza, już ciążeniu górnych cząstek słupa wytryskującego, które wznosząc się biegiem jednostajnym opóźnionym, tracą zupełnie ten bieg w punkcie F, a zatem poczynają ciężać na cząstki niższe rzeczonoego słupa, gdyż ten jest pionowy EF: co że tak jest, przekonywa jeszcze to, iż pospolicie górna część słupa wytryskującego grubsza bywa od spodniej, wysokość zaś jego nieco się powiększa przez nadanie mu kierunku pochylego. Oprócz tego grubsze słupy przy równych okolicznościach, wyżey nie równie się wnoszą jak cieńsze, a to dla mniejszego oporu powietrza w takich jak w tych, byleby tylko przy E prędkość była wielka. Toż samo bowiem tu się dzieje, co się dzieje z kulami nie równy wielkości spadającymi w powietrzu (Wstęp X. 23.) przez to jednak rzeczywisty odchód wody nie odmiennia się; bo gdy powietrze opóźnia bieg wody między punktami E i F, prędkość onęże w samym otworze, od której odchód jej zależy, żadney od parcia powietrza nie ponosi odmia-

ORUCHU PŁYNÓW W OGÓLNOŚCI

odmiany. Żeby zaś woda EF wygórowała do najwyższej do jakiej tylko wynieść się może wysokości, potrzeba ażeby otwór przy E był z blaszki bardzo cienkiej poziomej, pionowo wywierconej; rura zaś DE dosyć obszerna: gdyż jeżeli obszerność rury mało co jest większa od obszerności otworu E albo mu się równa, woda prędzej płynie przez rurę, a tém samém znacznie się opóźnia tarcie. Gdy zaś taż rura chociaż obszerna, ma jednak otwór przy E szczupły, na ten czas uważać ją można iako naczynie stale wodą napełnione, przez które zwolna woda odchodząc, mało co doznaje tarcia i opóźnienia biegu. Używszy zaś otworu zbyt małego, słup wody biec będzie z gwałtownością, a zatem doznawać musi oporu powietrza i opóźniać bieg swój. Z tych uwag ten wypada wniosek, że chcąc ażeby woda w Fontannach lub innych podobnych silniach jak najwyżey wytryskała, potrzeba przygotować sobie wiele blaszek cienkich z przewierconemi otworami już większemi już mniejszemi, i te następnie przykładać do końca rury E uważając, przez którą z nich najwyżey biele woda.

§. XIII.

Wziawszy naczynie jakie z przyprawioną do niego rurą walcową prostą i poziomie ustawioną, z obu stron otwartą, z blachy żelazney wyrobioną, którejby

Bieg wody
znacznie

przed-

się osłabia
w rurach
przez tar-
cie.

średnica wewnętrzna była 16. linii, i toż naczynie stale napełniwszy wodą do wysokości iedney stopy po nad os rury, w przeciągu iedney minuty odchodzi z niego wody 6330 calów sześciennych, gdy rurka iest bardzo krótka, n. p. na ieden albo na dwa cale: przez też samą rurkę w tymże czasie odchodzi tylko 2778. calów sześciennych wody, gdy iey długość iest na 30. stóp; odchodzi 1957. calów sześciennych, gdy długość iey iest 60. stóp; odchodzi 1587. calów sześciennych, gdy długość iey 90 stóp i 1051 calów sześciennych, gdy 120. stóp; 1178 calów sześciennych gdy 150. stóp; 1052. calów sześciennych, gdy długość rurki 180. stóp (Bossut); co przekonywają, że tarcie bardzo osłabia bieg wody w rurkach; i owszém tak go zmniejszyć może, że tylko woda kapać a nie wytryskać będzie: co właśnie przydarza się w rurce wzmiankowanej, gdy iey długość = 180 stóp, a wysokość wody w naczyniu ponad spodkiem rurki iest tylko koło 16. linii. Długość więc sama w rurach poziomych przy równych okolicznościach tém bardziéj zmniejsza bieg wody, im iest większą.

§. XIV.

Bieg wody
w rurach
prosty

Do naczynia iakięgo AB równie zawsze wodą napełnionego przyprawiwszy z boku rurkę walcową lub graniastą prostą i znaczney długości, mogącą się rozma-
cie

cie nachylać, postrzeżemy, że dawszy téj rurce położenie poziome, albo mało co pochyte, mniéj wody odchodzi przez otwór E, w jednymże czasie, aniżeli by odeszło przez rurkę krótszą równie obszerną przy C przyprawioną. Im zaś bardziéj się nachyla rurka rzeczona, tém więcéj w równym czasie odchodzi wody otworem E, tak dalece, iż pod pewnym kątem pochyłości CDB, który nazywam r, tylé przez nią odchodzi wody, iéby odeszło mogło przez rurkę krótszą, a zatem gdy ten kat będzie większy, tedy więcéj w tymże czasie odchodzić musi wody iak przez rurkę krótszą. Poprowadziwszy więc linią poziomą BD, kat CDB będzie kątem pochyłości rurki CE do poziomu, to iest $CDB = r$; jeżeli zaś ciężar wody w CE nazwiemy P, woda w niéj własnym ciężarém nagłona, przyspieszać będzie bieg swój siłą $V = P$. wst. r. (XIę. II. Roz. I. §. 2. 3.). A że podług przypuszczenia pod kątem pochyłości r tylé wody odchodzi przez rurkę CE, iléby iey odeszło w równym czasie przez rurkę krótszą; w tém więc razie bieg wody ani się przyspiesza ani opóźnia długością rurki, a zatem tarcie rurki pod kątem r pochyłony $= V = P$. wst. r. Doświadczenie zaś okazało, że gdy wysokość CF wody w naczyniu po nad osią rurki CE wyżéj opisanéj czyni calów 10. na tém

małeych
położenie
pochylé.
Fig. 96.

czas

czas CB teyże rurki uczyni prawie $\approx \frac{7}{8}$ CD i w tym razie tylé wody przez otwór E rurki iakokolwiek długiéy odeydzie, ilé iéy odchodzi w równym czasie przez rurkę przy H długą na iedén, lub na dwa tylko cale, to iest że w tych obydwu razach prędkości będą iednakié, czyli odpowiadające wysokości $\frac{7}{10}$ GH (§. 10.). Gdy więc albo rurka iest grubsza, albo wysokość wody w naczyniu mnieysza, podniesienie mnieysze CB wystarczy do zniszczenia tarcia wody w rurce: gdyż to zmniejsza się za zmniejszeniem się prędkości i wysokości wody w naczyniu (§. 7.). Prawda, że powiększa się tarcie z powiększającą się obszernością wewnętrzną rurki, ale to tylko w stósunku powierzchni témuż tarcu podlegaiący, a przeto w mnieyszym stósunku, iak miąższości wody w rurce powiększonéy, czyli siły P. wst. r. Chcąc więc, aby woda rurą prowadzoną ze zrzodła w takiéy obfitości odchodziła, iléby iéy toż zrzódło w tymże czasie wydać mogło przez rurę naykrótszą, potrzeba tak nachylać rurę, ażeby tarcie zrównało się sile P. wst. r.

§. XV.

Jako ciało twarde spadając po płaszczyznach pod różnemi kątami do siebie
Bieg wody w rurach nachylonych, ponosi stratę w swym biegu, tak podobnie woda płynąc przez rury załamane, bieg swój opóźniać musi. Im więc

więc kąty załamania są mnieysze, tém też strata biegu mnieyszą będzie (XIę. II. Roz. lub załamanych. IV. §. 1. 2. 3.) zwłaszcza, gdy rurki iednakowo wszędzie są wydęte. Naucza samé doświadczenie, iż przy równych nawet okolicznościach, rurki proste mniej osłabiają bieg wody, iak krzywe lub załamane, krzywe zaś lub załamane mniej w położeniu poziomém iak pionowém. A zatem rurki walcowe proste naywygodniejszy są do sprowadzenia wody, a z pomiędzy zakrzywionych lub załamanych té lepsze, których załamania lub krzywizny są nie znaczne. Ale w rurek takich i opór powietrza wiele się przyczynia do opóźnienia biegu wody, które zakrada się w górne części załamek lub krzywizn rur, a które bądź z saméy wody dobywa się, bądź woda wchodząc w rurę, oneż tam zastawszy, popycha w miejsce wyższe. Oporowi więc powietrza przypisać należy, że woda wszedłszy w rurę długą za ledwo po kilku dniach odchodzić poczyną, i to w mnieyszej obfitości iakby należało, a częstokroć zupełnie nie odchodzi. Tym nieprzyzwoitościom zaradzając, zwykły się przewiercać rury w swych górnych załomkach, i w nie się wprawiać inné rurki pionowe, które miby powietrze odchodzić mogło, i té potem zatykać się.

§. XVI.

§. XVI.

Wody płynącej przez rurę poziomą walcową lub graniastą z naczynia zawsze jednostajnie pełnego, tém bardziej się zmniejsza im dłuższa jest rurka. I dlatego przez rurkę n. p. żelazną średnicy 16^{'''} długości 60' z naczynia napełnionego wodą do wysokości jednéj stopy odchodzi 1957. calów sześciennych wody w przeciągu jednéj minuty: przez tę samą rurę, gdy jest bardzo krótka odchodzi 6330. calów sześciennych (13.) w tymże samym czasie. Skutek więc tarcia w rurze na 60 stóp długiej, właśnie takiż sam jest, jakiby był, gdyby wysokość wody w naczyniu niżona była w stosunku $(\frac{1957}{6330})^2$ tak niższywszy rzeczoną wysokość, wszystko tarcie zginęłoby, oraz na minutę odeszłoby 1957. calów sześciennych wody, gdyż wysokości wody w naczyniu są w stosunku kwadratów prędkości strumienia wytryskiującego (70.). Wysokość więc tak zmniejszoną będzie $= (\frac{1957}{6330})^2$ stóp, reszta zaś wysokości $= 1 - (\frac{1957}{6330})^2$ stóp, i razem pełnym korytem odchodzić będzie przez końcowy otwór rury. Ale zatkawszy końcowy otwór rury, woda bie po-

czyną przez otwór iéy poboczny do wysokości prawie jednéj stopy. A że prędkości mają się iak pierwiastki kwadratowe wysokości tymże prędkościom odpowiadających, przeto też prędkości w obydwu pominionych przypadkach, będą się miały iak 1: $\sqrt{(\frac{1957}{6330})^2}$. Jeżeli więc zupełnie

zatkawszy otwór końcowy rury, przez otworek mały poboczny w czasie 1' odchodzi 196 calów sześciennych wody, odtkawszy go odéydz musi przez ténże otwór

poboczny 196 $\sqrt{1 - (\frac{1957}{6330})^2}$ czyli 196 $\sqrt{0,90452}$; to jest: 186, 2 calów sześciennych wody. W jstorie zaś saméy po zatkanu rury odeszło 196 a po odtkaniu 186 calów sześciennych w przeciągu jednéj minuty, przez tenże sam otworek poboczny (Borsut). Co stwierdza, że woda płynąc przez rurę przydłuższą wywierá parcié swoje na iéy boki takie, iakie się przez rachunek okazało, i że toż parcié małe jest w rurach krótkich, wielkie w długich, a zawsze mniejsze niż parcié wody stojący.

§. XVII.

Niech będzie koło ADBMA, srzodek iego C, którego by każdy punkt obwodu był party od płynu siłą v. Poprowadzwszy iakąkolwiek średnicę AB podziel-

Jaka siła
woda wy-
wierá na

my

rozerwa-
nie rury,
którą wy-
pełnia.

Fig. 29.

my całe koło na punkta fizyczne, równé Dd, Mm, i t. d. Niech będą linie DM, dm prostopadłe do średnicy AB, przecinające ją w punktach E, i e; linie zaś CD, CM promienie tegoż koła. Siła więc $v = DG = ML$ będzie się mogła rozerwać na dwie inne siły, iako to na siłę DH, lub FG = MN lub OL, i na siłę DF, lub HG, = MO lub NL, z których jedna jest równoległa, a druga prostopadła, do średnicy AB. Zbiór zaś wszystkich sił DH lub MN w półkole APB lub AQB będzie równy zero, gdyż siły równé i wprost sobie przeciwległe, zupełnie się niszczą. Siła więc, którą płyn usiłuje oderwać iedno półkole APB od drugiego AQB, równa się zbiorowi wszystkich mnogości (*productum*) FD. Dd lub MO. Mm. Poprowadziwszy styczną do punktu D, przecinającą średnicę przedłużoną aż do T, będzie DT: TE = DC: DE. A że Dd jest łuzkiem nader małym, przeto brać się może za część stycznej; będzie zatem DT: TE = Dd: Ee, toż DC: DE = DG: DF. Zatem Dd: Ee = DG: DF, i DF. Dd = DG. Ee, więc mnogość wypadająca ze zbioru wszystkich cząstek Ee, to jest: z całej średnicy AB i siły parcia stałego $v = DG$ równa się sile całkowitej, którą płyn usiłuje rozerwać koło APBQ. Daymy, że to koło znajduje się w przecięciu jakiegoś koła prostopadłym, do ięć koła naj-
większe

większego, mającego za średnicę linię AB. niech też kula będzie wypełniona powietrzem lub innym jakim płynem sprężystym, któregoby siła sprężystości wyrównywała ciężarowi słupa żywego srebra na 10. calów wysokiego. W takim razie wystawiwszy sobie, że cała kula podzielona jest na płaszczyzny fizyczne równoległe, siła całkowita którą płyn usiłuje oderwać iedną półkulę od drugiej, będzie się równać ciężarowi walca prostego żywego srebra, mającego za podstawę koło największe AB, za wysokość zaś 10. calów. I tym to sposobem wyrachować można siłę, którą kule powietrzne czyli balony opierać się powinny sile płynu one wypełniającego, aby się nie rozerwały. Podobnież się dzieje, gdy koło APBQA znajduje się w przecięciu prostopadłym do osi iakiędy rury walcowey mający średnicę 10" wodą napełnionej. Jeżeli bowiem tak pre woda tę rurę, iak gdyby była wyniesioną do wysokości iednej stopy, siła całkowita, którą woda usiłuje rozerwać rurę, równać się będzie ciężarowi graniastosłupa wodnego, któryby miał za podstawę długość rury rozmnożoną przez średnicę 10", za wysokość zaś iedną stopę, rury więc, w których woda stoi lub płynie być powinny tak grube, aby się nie rozerwały. Jednakże nie masz dotąd odkrytego pewnego

X

pra-

prawidła na oznaczenie w każdym przypadku grubości rur stosownej do parcia wody.

ROZDZIAŁ III.

o biegu rzek.

§. I.

Różnica między biegiem wody w rurach, a biegiem wody w korytach otwartych.

Zastanawialiśmy się dotąd nad biegiem wody w rurkach, zastanówmy się teraz nad ich biegiem w kanałach z wierzechu otwartych czyli w korytach. Znacznym i takiego jednostajnie zawsze wodą napełnionego, puszczony wodę kanałem prostym i poziomym, z wierzechu otwartym AB, ta woda wchodzi pewną prędkością, a płynąc w nim wznosi się coraz tak, że przecięcie pionowe BC wyższe i większe będzie od przecięcia AD, ilość zaś wody (jak uczy doświadczenie) w równym czasie przeciągach odchodząca jednaką jest, bądź kanał ten jest dłuższy bądź krótszy, byleby innych jakich do tego zawał nie było. Co okazuje różnicę między biegiem wody w rurach a w kanałach, to jest, że w kanałach lubo tarcie zmniejsza prędkość wody, jednakże ilości jej w pewnym czasie odchodzącej, nie zmniejsza. Woda w kanale wzniesiona do C własnym ciężarem nieustannie uchodzi.

Fig. 100.

dzi do D, i to to jest, dla czego częstokroć w wodzie, której bieg iznajduje jakakolwiek zawał, rodzą się rozmaite biegi wsteczne. Bieg zaś ow zwiérzchniej części wody ku D, najwidoczniejszy jest na samym początku płynienia jej z naczynia, a potem coraz nieznaczniejszą się staje.

§. II.

Jeżeli koryto proste AB pod różnemi kątami nachyla się, różne też okazują się odmiany w biegu wody w niem płynącej; a naprzód dopoki pochyłość ta jest nieznaczna, acz bieg wody coraz się opóźnia, jednakże zawsze mniej, jak w położeniu poziomem tegoż koryta opóźniałby się, powiększając nieznacznie tę pochyłość, przyjdzie się do kąta pewnego r, pod którym ani się opóźnia, ani przyspiesza woda płynąca, a za który kąt gdy przejdzie pochyłość, bieg wody przyspieszony będzie; skutki te pochodzą stąd, że woda pewną jakąś prędkością wpadając w koryto, zaraz na samym wstępie doznaje tarcia proporcjonalnego téż prędkości. Tarcie więc to albo większe jest od siły, którą woda własnym ciężarem nagłona w korycie pochyłym bieg swój przyspiesza, albo mniejsze albo jej równy. W pierwszym przypadku bieg wody opóźnia się, w drugim przyspiesza się, a w trzecim ani się przyspiesza, ani opóźnia.

nia. Doświadczono, że w korycie prostokątném drewnianém na 5" wszędzie szerokiém, którego ieden koniec, przez który woda samowolnie wypływa, na dziesiątą część długości iego niżęj leży, iak koniec drugi, przez który woda wchodzi z naczynia stałe pełnego wody na iedną stopę wysokości, przez otwór tegoż naczynia wysoki na dwa cale; doświadczono mówię, że w takowym razie ani się przyspiesza ani opóźnia, lecz zaraz od początku bieg wody iest jednostayny (Bor-sut). Maiać więc wprowadzać wody korytami, któremi ona samowolnie płynie, iakiemi są koryta młyńskie, przekopy it. d. należy ie tak nachylać, aby bieg wody mógł bydz ile możności jednostaynym. Dawszy im bowiem mnieyszą niż potrzeba pochyłość, woda opóźnia bieg swój, a zatem małą siłą działa na koła młyńskie i łatwo zamarza; nadto zaś nachyliwszy z powiększoną prędkością biegu, powiększa się tarcie tak dalece, że w przydłuższych korytach takowć powiększenie prędkości iest bezużyteczne. Gdy zaś koryta, któremi się sprowadza woda iedne z drugimi się stykaią w położeniu coraz niższém, na ten czas opóźniać się musi iey bieg, nie tylko z przyczyny tarcia, ale też i z przyczyny uderzania się, którego doznaię woda spadaiąc z jednego do drugiego. Zaczém kanały i przekopy pro-

stę

stę mnięj opóźniaią bieg wody iak krzywę lub załamywanę.

§. III.

Niech CABD wyraża przecięcie koryta prostokątnego, w którym wysokość wody $DB = AC$ równa się połowie szerokości AB, niech oraz EFHG wyraża przecięcie podobnego innego iakięgo koryta, także prostokątnego, równie iak tamto długiego, niech nakoniec tyleż iednem korytem płynie co i drugim, wody równą prędkością odchodzą, a zatem przecięcia rzeczone, równę między sobą co do powierzchni. Tarcie więc, którego w tym przypadku woda doznawać będzie od koryt, będzie proporcjonalne do powierzchni partych ścian tychże koryt to iest: będzie w stosunku zbioru ścian prostokątów CB, EF czyli w stosunku ilości $CA + AB + BD = 2 CA + AB$ do ilości $2 GE + EF$. Aże przeciągnawszy linie AC, BD aż do L i M, tak żeby była $CL = CA = DM = DB$, uformuje się kwadrat LMBA, którego obwód $LA + AB + BM + ML$, czyli $4 CA + 2 AB$ będzie mniejszy (*) od obwodu iakięgokolwiek prostokąta ró-

Tarcie wody przy różnych ilościach naje mniejsze iest, kiedy lęj wysokość równa iest połowie szerokości koryta.

Fig. 267.

(*) Jeżeli z dwóch części AD, DB, linii danej AB wykryśli się prostokąt, i jeżeli punkt C iest środkiem téjże linii, powierzchnią takowęgo prostokąta

równego mu co do powierzchni. Zaczęć i połowa jego obwodu $2CA + AB$ mniejsza być musi względem połowy powierzchni $CABD = GEFH$. Skąd się wnosi ogólnie, że przy równych okolicznościach, tarcie wody w tych kanałach, których szerokość jest dwa razy większa od wysokości, wody po nich płynący jest najmniejszy. I takie to być powinny koryta myślnie, jeżeli chcemy, ażeby tarcie najmniej opóźniało bieg wody.

§. IV.

Wyższą część wody samowolnie kanałami płynący, jak niżej.

W korycie DE, gdzie woda samowolnie odchodzi utworzyć CE każda cząstka niższa A wytrzyma parcie od wody po nad nią będącej, a zatem jest nagłona ku AB, a to tem bardziej, im wysokość AF jest większa. Ze zaś na tenże sam punkt A żadna więcej siła w kierunku wprost przeciwnym nie działa, parcie więc takowe przyczynia się do powiększenia przed-

Fig. 102.

prostokąta będzie $= AD \cdot DB = (AC + CD)(AC - CD) = AC^2 - CD^2$ a przeto największą wtedy, kiedy $CD = 0$. Kwadrat więc na największą powierzchnią z pomiędzy wszystkich prostokątów, których obwody równają się obwodowi kwadratu. Przeto żeby prostokąt miał powierzchnią równą powierzchni kwadratu, potrzebaby boki prostokąta przedyć: a tak z pomiędzy wszystkich prostokątów jednakię powierzchnią, kwadrat ma najmniejszy obwód.

Fig. 102.

prędkości biegu tegoż punkta A. Wnieść więc należy, że cząstki wody końcem kanału koryta odchodzący, tem prędzej odchodzą, im bliższe są dna koryta. A że to się tu powiedziało o przecięciu otworu, toż samo służy każdemu innemu przecięciu danego koryta, przeto ogólnie powiedzieć można, że w kanałach samowolnie wylęwaających wodę, prędkość wody nie jest jednaka, ale cząstki leży wyższe powolniej, niższe prędzej płyną. Nierówność ta biegów tem jest mniejsza, im mniejsza jest wysokość wody w kanale, i zjm większa prędkością wpadła do tegoż kanału. Nierówność ta najwidoczniejszą i najznaczniejszą się okazuje, gdy kanał poziomy z obydwóch końców zamknięty, do pewnej wysokości wodą się napęlnia, a potem przez jeden koniec otworzony taż woda wypuszcza się.

§. V.

Jeżeli koryto DE wylęwa wodę do innego koryta uysięciem CE i toż uysięcie jest napęlnione wodą aż do CI takimi korytami wpływają rzeki jedne do drugich, lub do morza albo do jeziora it. d. w takim razie każda wodna cząstka niższa A nie tylko ponosi parcie od wody koryta EL w kierunku AB, ale też i od wody EI w kierunku tamtemu przeciwnym. Obydwa te parcia przeciwnie sobie a równie gubią się, cząstka więc A żadnej odmiany stąd

W rzekach woda niższa, nie płynie prędzej od wyższej.

Fig. 103.

stąd w biegu swoim doświadczyć nie może; to jest w kanałach takowego gatunku woda niższa nie może przedźy płynąć od wyższej, czego właśnie doświadczyć można narzekach, które chociaż są kanałami pochyłymi, jednakowoż pochyłość ta mało co, albo weale nie nie przyczynia się do przyspieszenia biegu: gdyż w nich woda nie płynie samowolnie, uyscia ich zatkanę są, iż tak powiem, wodą morza, jeziora lub innę rzeki iakię. Dla tego to w rzece zupełnie poziomę łączący dwa jeziora lub morza jednakowego poziomu woda płynąć nie może. Co gdy tak jest, mylą się ci, którzy wszystko cokolwiek służy wodzie prowadzonę korytami samowolnie płynące, chcą przystosować do rzek. A coż jeszcze kiedy w rzekach prawie wszystkich wysokość wody zwykła bywać mniejszą od połowy ich szerokości, i pochyłość nawet nie wszędzie jednaka, pospolicie większa przy źródłach a mniejsza ku uysciu (Wstę. V. §. 38.). Wszakże przekonywa doświadczenie, że lubo pospolicie prawie w rzekach miejscami bystrzemy, a miejscami powolniejszy płynie woda; jednakże znajdując się w nich takowe miejsca, gdzie bieg wody jest iednostayny. W tych więc miejscach siła tarcia musi wyrównywać siłę czyli raczej części ciężaru wody przyspieszający bieg z przyczyny pochyłości; a za-

a zatem każda z tych sił bydz musi $= P$. wst. r. gdzie P wyraża ciężar iakięykolwiek warsty wodnej prostopadłej do osi kanału lub rzeki iednakowo pochyłey i szerokię w rzeczonych miejscach, to jest pochyłey pod kątem r .

§. VI.

Niech będą dwie rzeki A i D równe szerokości i głębokości ale nierówny bystrości, niech $n. p.$ A płynie bystrzemy iak B , przypuśćmy ieszcze, że w każdę z tych rzek znayduie się iedno takie miejsce w téj długości L , przez które płyną biegiem iednostaynym ale każda sobie właściwym. Nie widząc zaś czyli w tych miejscach kąty pochyłości są równe lub nie, nazwiemy ie r , t , ciężar wody P , w obydwóch rzekach w rozległości L jest ténże sam, siły więc P . wst. r , P . wst. t , przyspieszające biegi rzek będą w stosunku Wst. r : Wst. t : że zaś obiedwie rzeki płyną iednostaynie w rzeczonym miejscu, musi więc bydz tarcie iedné $= P$. wst. r , drugiey $= P$. wst. t , a stąd tarcia te są w tym samym stosunku, co i siły one znoszące. Powierzchnie tarcia podlegające w obydwóch razach są iednakię, prędkości zaś różné, będzie więc tarcie rzeki płynące bystrzemy większe iak powolniejszy, a tén samém $r > t$. Gdyby więc obiedwie rzeki A i B równie bystro płynęły, na tén czas musi bydz $r = t$. Przeto wniesć można

Je by-
srość rzek
pochodzi
od ich po-
chyłości.

odwrotnie, że bystrość czyli prędkość rzeki iednostaynie płynący, a bardziey niż druga równy szerokości i głębokości pochylęć większą bydź powinna. Owszem w ogólności prawie powiedzieć można, że przy równych okolicznościach, tarcie wody w rzekach iest w stósunku kwadratu ię bystrości, czyli prędkości. Doświadczono bowiem, iż z dwóch rzek w przeciagu mili iednakowo szerokich i głębokich iedna, której tamże spadek był na cztery cale, miała prędkość odpowiadającą wysokości $1\frac{1}{2}$ stop w jednę sekundzie przebywającą się, druga zaś w tężże rozciągłości mającą spadek 32," miała prędkość odpowiadającą wysokości $3\frac{1}{4}$ stop (Brahms §. 208.). Jest zaś $\sqrt{4} : \sqrt{32} = 2 : 5,657 = 1\frac{1}{2} : 3,3$. to iest prawie $= 1\frac{1}{2} : 3\frac{1}{4}$. A że w tym razie tarcia są w stósunku Wst. r: Wst. t, to iest $= 4 : 32$; te zaś liczby są w stósunku kwadratowym prędkości, przeto i tarcia w tymże samym stósunku bydź muszą. Gdyby zaś rzeka iaka C była głębsza, a mniey szeroka iak rzeka inną D ię równa i iednako pochyła, płynąć będzie C bystrzey aniżeli D, gdyż siły przy pieszając bieg rzek tych, a zatem i ich tarcia są równé, gdyby zaś obydwie równie bystro płynęły, na ten czasby i powierzchnia przytarta, i samo tarcie większe bydźby musiało w D iak w C, a zatem rzeka D powolniey płynąć powinna. Skąd się

się wnosi, że rzek, których nierówna iest szerokość i głębokość, nie można oznaczyć kąta pochyłości z wiadomey prędkości biegu ich nieiednostaynego, ale w takim przypadku przez równowagę (*libella*) pochyłości tych rzek dochodzić można.

§. VII.

Pochyłość rzek pospolicie nader mała bywa, a nawet daleko mnieysza od kąta, pod którym woda w korycie ciasném drzewianém iednostaynie płynie. Co zaęwne pochodzi stąd, że powierzchnia wody, która się ocięra o koryto względem wielości swoięy, większa iest w rzekach iak w korytach ciasnych. Dla tego to w dwóch kanałach podobnych i równo pochyłych, woda mniey doznaje tarcia, w szerszym iak w ciasnym. Niech będzie kanał ABDC, który rozprzestrzénmy tak, ażeby szerokość AE wyrównywała z AB, podobnież wysokość wody AG była $= 2. AC$, długość zaś, i pochyłość niech będzie ta sama co przedtém. Wielość więc wody w kanale większym mieć się będzie do wielości wody w kanale mnieyszym $= AE. AG : AB. AC = 4 : 1$. Powierzchnie ocięrające się w obydwóch razach są w stósunku z $GA + AE$ czyli 4. $AC + 2. AB$ do $AC + AB$, a przeto w stósunku mnieyszym iak 4. 1. Siły więc przyspieszające bieg wody danych kanałów będą 4. P. Wst. r. i P. Wst. r, a zatem iak 4. 1. Gdyby zaś

Dla czegoż pochyłość rzek częstokroć bywa mała. Fig. 104.

z obu stron prędkości były równe, tedy tarcia byłyby w mniejszym stosunku, a zatem prędkość wody w korycie obszerniejszym, powinna być większą, a niżeli w ciśniejszym, ażeby tarcia ich były w stosunku 4: 1. (5.). Z czego wyrozumieć można, dla czego rzeki im większe są, tém mniejszy potrzebią pochyłości, ażeby płynęły iednostaynie (Wstę. V. 7.).

§. VIII.

Wstawmy sobie rzekę iaką AB dzielącą się na ilękolwiek koryt, równey prawie szerokości n. p. na dwa BC, i BD któręmi ona do morza DC wpada tak, że odnoga BD iest dłuższą od BC. Punkta C i D są punktami powierzchni morza, więc ich położenie względem punktu B powierzchni wody rzeczney iest iednakie: a zatem punkt pochyłości odnogi krótszey BC, bydz musi większy, a niżeli kąt pochyłości odnogi dłuższey BD: a tak bystrość czyli prędkość odnogi krótszey, większą będzie od prędkości odnogi dłuższey. Stąd odnoga dłuższą powolniey płynąc, łatwiey też piaskiem lub inną iaką ziemią zasypać i zamulić się może (Wstę. V. 28.) co bardzię ieszcze bystrość téż odnogi osłabia. Ze zaś rzeka rozdzieliwszy się na odnogi powiększą powierzchnią tarcia podlegającą bez powiększenia ilości wody, nie dziw więc, że za powiększonym tarcie, zmniejszą się ich bieg, i odnogi coraz bardzię

Orzekach
dzielących
się na wie-
le koryt
czyli od-
a6g.

Fig. 105.

dzię zamulając dna swoje, coraz téż szerszemi się stają; gdyż przez nie tylę odchodzi musi wody, ile odchodzi przez rzekę. I to to iest, dla czego szerokości odnóg razęm wzięte przewyższają szerokość samę rzeki, aczestokroć iedna odnoga wyrównywa prawie rzecę co do szerokości. Tu téż można naznaczyć przyczynę, dla czego rzeki w miejscach głębszych, gdzie pod równą dna pochyłością tarcia iest nie równie mniejsze, woda płynie nie równie bystrzey iak w miejscach mialkich: i dla téy to przyczyny rzeki podbięrają i rozprzestrzeniają koryta swoje. Wszakże prócz przyczyny tego skutku z powyższych początków wypadaiący, przydać potrzeba działanię wiatrów, które w téż stronę co i woda zmięrzając, powiększają ię prędkość i uderzają ią o brzegi i występy, a té z czasem znoszone bywaią. Naznaczyć mowie można przyczynę, dla czego rzeka zwężoną brzegami górzystymi, mostami lub innymi podobnymi zawadami bystrzey płynie w miejscach zwężenia, iak gdzieindzię: dla czego wezbranię wód powiększą prędkość rzek, kiedy kilka rzek łączy się w jednę, która od każdę z tamtych iest szerszą, głębszą i bystrzeyszą, zawsze iednakowoż szerokość ię nie wyrównywaiącą zbiorowi szerokości tamtych. Nakoniec dla czego koryta rzek ku morzu bardzię są szersze, iak

jak głębsze, i że nie w tym stosunku pomnaża się wysokość ich czyli głębokość, w którym pomnażaćby się powinna, względnie do powiększonej bystrości.

§. IX.

Upusty
kanalów
(claustra
Canalium)

Fig. 111.

Dla wielkiego kosztu trudno jest tak głębokie kopać kanały, jak głębokie bywa-ia czasem rzeki względem brzegów swoich, pochyłość więc takowych kanałów, bardziej zależy od położenia gruntu, przez który przechodzą. Stąd często się trafia, że w nich albo zbytnią bystrość wody, albo li też niedostateczną ięć ilość przeszkadza żegludze statków. Zapobiega się takowey nieprzyzwoitości sluzami czyli upustami (*claustra Canalium*) sluzą A, ma dwa zamknięcia czyli wrota BC DC, i EF GF, woda wyżey jest podniesioną przed zamknięciem w H, iak w samey skrzyni A, w skrzyni zaś A, wyżey iak za upustem w I. Skoro więc statek przybija do H, wrota BC DC otwierają się, woda dążąc do równey wagi przechodzi z H do A i wraz z sobą statek unosi; po czém zamykają się wrota rzeczone, a na to miejsce otwierają się drugie EF GF, przez które statek wraz z wodą powoli zniżając się wychodzi ze skrzyni do I. Podobnie się też postępuje gdy statek z I do H ma przechodzić. Używają się pospolicie sluzы takowe i w rzekach mających progi: kopią się bowiem poboczne kanały omijające te progi, a tą-
cząc

część się końcami swemi z rzeką, i na nich upusty robią się.

§. X.

Prócz sposobu wyżey podanego (Wstę. V. 9.) na oznaczenie bystrości rzeki, użyć można dwóch kulek woskowych, nitką połączonych, z którychby jedna była nasadzona kamyczkami lub kawałkami otowiu, a to dla uczynienia ięć gatunkowo cięższą od wody. Zanurzwszy takowę kulki w rzecę, postrzeżemy, że albo obiedwie równo uchodzą, albowi też jedna druga wysciga, a tak będziem mogli nie tylko oznaczyć prędkość wody powierzchnię, ale też i spodnię. Tym sposobem przekonano się, że w rzekach powolnięć płynię woda przy dnie, iak z wierzechu: przeciwnie zaś dzieje się w miejscach, gdzie mosty albo inne iakie zawady ją ścisniają. Tam bowiem woda wzniesioną własnym ciężarém pre na spodnią część swoją, która przez to bystrzey uchodzić musi, a niżeli ięć część zwierchnią.

§. XI.

Oznaczyć też można bystrość czyli prędkość rzeki za pomocą rurki szklanney, od imienia wynalazcy zwaney rurką *Pilota*. Rurka ta otwartą z obydwóch końców, tak jest zakrzywioną przy B, iż ięć ramię AB wynosi około sześć stóp, i równoległe jest do otworu OC, ramienia BC długiego na jedną prawie stopę. Rurka ta wraz z dru-
żąc

Pierwszy
sposób
oznacza-
nia by-
strości rze-
ki iakiey.

Drugi spo-
sób ozna-
czenia
prędkości
rzeki.

Fig. 112.

z drugą rurką szklaną szerszą, prostą z obu końców otwartą DE, równy z nią długości, przytwierdza się do Tablicy tak, aby były do siebie równoległe. Obok nich znajduje się podziałka miedziana, do oznaczenia w nich wysokości wody. W ten sposób narządzone rurki zanurzają się w rzece pionowo tak, aby otwór OC, był wprost przeciwległy nurtowi wody: woda natychmiast napełnia obydwie rurki do pewnej wysokości to jest, prostą DE do linii poziomej n. p. NF niższej powierzchni rzeki LM, zakrzywioną zaś AB do G, to jest wyżej nad powierzchnią rzeki. Jest więc FG wysokością odpowiadającą bystrości wody wpadającej do otworu OC, a to iakożkolwiek ten otwór bardziej lub mniej głęboko jest zanurzony. To zaś pochodzi stąd, że gdyby woda, w której się zanurza rzeczne narzędzie była stojąca, na ten czas obydwie rurki do jednakiej wysokości, to jest do powierzchni rzeki wody wypełnione byłyby; w tym razie albowiem jednaka siła, czyli samo tylko parcie rzeki na nie działałoby (Wstę. VII. 10). Ale ponieważ rzeka płynąc ciężarą swoim zmniejsza parcie swoje, przeto podniesienie się jej pochodzące od samego parcia w rurce DE, nigdy nie może wygórować do powierzchni LM, gdy przeciwnie w rurce zakrzywionej uderzanie wody na otwór OC, wznosi ją po nad tę

po-

powierzchnią LM. A że kierunek rzek brać się może za poziomy wschódzie, (Wstę. V. 8.). Żył więc wodną OPNC, białą na płaszczyznę pionową OC, prędkością n. p. C, brać się także może za poziomą, ięć zaś bicia (Jllisus) za prostopadłą (Roz. IV. §. 5.). Okazuje się niżej, że siła takowego bicia, wyrównywa ciężarowi słupa wodnego, mającego za podstawę OC, za wysokość zaś ilość jaką wiadomą A, odpowiadającą bystrości C (Roz. IV. §. 13.). Zatem gdy ramię AB, jest pionowe, musi być parcie słupa FG na OC, w równowadze z siłą bicia wody na tę płaszczyznę OC, stąd $FG = a$; co mając, można będzie oznaczyć prędkość rzeki w jakiej chcąc głębokości, byleby wysokości BF, BG, dokładnie były dostrzegane, co niekiedy z przyczyny kołysania się wody nie jest najszybsze.

§. XII.

Można użyć ćwiartki koła do oznaczenia prędkości rzek, do której przyprowadzone są dwie kulki A i B, gatunkowo cięższe od wody, i w jej środku C na lekkich nitkach CA, CB, uwiązane tak, iż pierwsza krótsza, druga dłuższa wisi. Cwiartkę tę po nad powierzchnią rzeki w jej kierunku tak należy ustawić, ażeby kulka A wisiła pionowo, a zatem ramię ćwiartki CP, było poziome, druga zaś kulka B, zanurza się w rzece do tej głębokości,

Y

Trzeci sposób oznaczenia bystrości rzeki, to jest za pomocą kwadransu czyli

ćwiartki
koła.

Fig. 113.

kości, w którą chcemy znaleźć prędkość rzeki, kulka ta unoszona od wody odchodzić będzie od kulki A, formując kąt pewny ACB, niech ciężar kulki w wodzie będzie = P. linia BF, pionowa, BE w kierunku nici, linia zaś DB, iako też i FE, niech będzie równoległa do powierzchni rzeki MN. A tak siła BF wyrażająca ciężar P, będzie się mogła rozebrać na dwie inne siły jednostajne BD i BE, z których jedna ciągnie nie przywiązaną przy C, druga zaś BD, kulka opiera się bicia wody. Im mniejszy kąt jest ACB, lub FBE, tym mniejsza jest siła FE, czyli BD, i przeciwnie im ten kąt większym się staje, tym siła BD bardziej wzrasta, tak dalece, że na koniec ona wyrównywa siłę bicia wody i kulka B, w spoczynku zostaje. Jest zaś BD:BF = Wst. DFB: Wst. EBF = Wst. ACB: Wst. MQC, gdzie pion CA przedłużony jest do powierzchni rzeki M, nie zaś CB przecina też powierzchnię w punkcie Q. Jeżeli więc pod kątem ACQ kulka B zostaje w spoczynku, a zatem siła BD wyrównywa bicia wody na tę kulkę, będzie siła bicia

rzeki $V = \frac{P \cdot \text{wst. ACB}}{\text{Wst. MQC}}$ gdzie kąt MQC z pochyłości powierzchni rzeki znany być może. Bo niech n. p. MO będzie linią poziomą przez równo ważenie oznaczoną (wst. V. 7.) będzie MQC = MOC - OMQ, kąt zaś MOC dopełnieniem kąta ACB do

90°

90°. Jeżeli więc pochyłość rzeki tak jest mała, że część ię powierzchni MQ bez znacznego uchybienia za poziomą brać się może, będzie $V = \frac{P \cdot \text{Wst. ACB}}{\text{Dost. ACB}} = P$.

Stycz ACB.

§. XIII.

Niech będzie ciężar stopy sześciennéj wody = m, ciężar zaś stopy sześciennéj materji, z której kula B jest wyrobiona, niech będzie = m + n, średnica rzeczony kuli = d, stosunek obwodu koła do średnicy = p: 1; to mając, będzie bryłowatość kulki B = $\frac{d^3 p}{6}$ ciężar zaś ię w próżni

$$= \frac{d^3 p (m + n)}{6} \text{ w wodzie zaś } = \frac{d^3 p n}{6} =$$

P. (wst. VII. 21.). Walec wodny mający za podstawę koło wielkie kuli i wysokość A, będzie = $\frac{1}{4} p d^2 a$, ciężar iego $g = \frac{p d^2 a m}{4}$

Okáže się zaś w następującym Rozdziale (Roz. IV. 13.) że siła V bicia rzeki na kulkę jest = $\frac{2}{5} g$, gdy a wysokość walca, jest wysokością odpowiadającą prędkości C wody białej. Przeto $V = \frac{p d^2 a m}{10}$ lecz ie-

żeli g, jest wysokością wolnego spadku ciała w przeciągu iednéj sekundy, będzie $c^2 = 4ag$, (Xię. I. Roz. III. 2.) a zatem

Y 2

c²

$$\frac{e^2}{4g} = a, v = \frac{pd^2 c^2 m}{40g} \text{ Oznaczywszy więc}$$

$$\text{ogólnie kąt } ACB, \text{ przez } r, \text{ będzie}$$

$$\frac{pd^2 c^2 m}{40g} = \frac{d^3 p n}{6} \text{ Sty } r i c^2 = \frac{20g d n \text{ Sty. } r}{3m}$$

$$\text{przeto } c = \sqrt{\left[\frac{20g d n \text{ Sty. } r}{3m} \right]} \text{ A tak mając}$$

znany kąt r z dostrzegania, średnicę kulki i stosunek iędy ciężkości do ciężkości wody $m+n$: m , oznaczyć można będzie prędkość, czyli bystrość rzeki. Niech n . p. kulka B żelazna ma średnicę $\frac{1}{10}$ stopy kąt zaś $r = 8^\circ 32'$, a przeto $\text{Sty } r = 0,15$; będzie m : $m+n = 1$: $7,6$. (Wstę. VII. 28.) i m : $n = 1$: $6,6$; przeto $n = 6,6m$; $c =$

$$\sqrt{\left[\frac{20g \cdot 0,15 \cdot 6,6 \cdot 0,15}{3} \right]} \text{ A że w krajach}$$

tak iak nasz położonych powszechnie $g = 15,1$. Więc $c = 3,16$, to jest: woda z taką prędkością uderza na kulkę B , iaką w czasie $1''$ przebieżdż może $3,16$ stóp Paryżkich.

§. XIV.

Gdyby w jnnéy iakiéykolwiek rzecce, jak można bądź w jnném miejscu téż saméy rzeki, oznaczyć kąt ACB , pod którym kulka zostaje w spoczynku, był $= r$ powierzchni zaś rzeki bystrość rzek przez była prawie poziomą, będzie prędkość c , w tém

$$\text{w tém miejscu} = \sqrt{\left[\frac{20g d n \text{ Sty. } r}{3m} \right]} \text{ a zatém}$$

e : $c' = \sqrt{\text{Sty } r}$: $\sqrt{\text{Sty } r'}$. Skąd ten wypada wniosek, że w miejscu iakiém mając raz oznaczoną prędkość rzeki danéy za pomocą iakiéykolwiek ciała pływającego, lub innym iakim sposobém i tamże kąt r , dokładnie dostrzegany, można będzie w każdym inném miejscu, owszém w każdej innéy rzecce za pomocą powyższego narzędzia, oznaczyć kąt r , a tak bez wielkiego rachunku znaleźć prędkość wody, byłoby powierzchnie rzek wszędzie prawie były poziome. Niech n . p. na témże narzędziu mającém kulkę żelazną średnicy $\frac{1}{10}$ stopy w jnnéy iakiéy rzecce zanurzywszy kulkę, będzie kąt $r' = 11^\circ 52'$ a przeto $\text{Sty } r' = 0,21$, toż c : $c' = \sqrt{0,15}$: $\sqrt{0,21} = 1$: $\sqrt{1,4} = 1$: $1,2$, a zatém $c = 3,8$ prawie.

W takowych działaniach pamiętać potrzeba na to, żeby kulka wpuszczająca się w rzekę zupełnie w niéy się zanurzała, i nie, na którę jest nwiązana, była iak tylko bydź może najlżeyszą, i nie prawie ciężar iéy nie znaczył, względém ciężaru kulki, a przeto ten bez znacznego uchybienia mógł bydź zaniedbany, kulka zaś sama z kości słoniowej lub innéy podobnéy materyi dokładnie toczoną bydź ma; bo gdy ciężkość iéy gatunkowa, znacznie przewyższa ciężkość gatunkową wody, nie jest dosyć ruchomą,

gdy

iedno tyl-
ko do-
strzeżenie

gdy zaś zbyt jest lekka, ustawicznie prawie kołysze się, i wielkości prawdziwego kąta r zaledwie doyszć można.

§. XV.

Wiatro-
mięrz
(Anemo-
metrum).

Za pomocą tegoż samego narzędzia oznaczyć można prędkość wiatru, byleby kulka A otwierana tak była przyprawiona do ćwiartki koła, iżby wiatr ięć wzruszyć nie mógł, kulka zaś B, była gatunkowo lżeyszą. Wiatromięrz takowy nąprościeyszy jest, nader wygodny do użycia. Niech będzie n. p. kulka B drewniana, i niech ięć ciężkość gatunkowa, do ciężkości gatunkowej wody deszczowej będzie w stosunku 0, 6; 1, średnica zaś onęcy = 0, 3; kąt $r = 29^{\circ}34'$ a przeto $\sin r = 0, 507$, a że powietrze lżeysze jest od wody deszczowej 81mszt razy, będzie więc $m : m + n = 800 : 806$ = 1: 480, i m: n = 1: 479. Zatem prędkość wiatru $c = \sqrt{\frac{302.0, 3. 479. 0, 507}{3}}$

= 90, 6 stóp; (13.) to jest taki wiatr na każdą prawie sekundę 91 stóp Paryzkich iednostaynie przebiega, mając zaś na pewny iaki kąt podniesienia prędkość wiatru wyrachowaną, na każdy też inny kąt prędkość iego tak zupełnie iak prędkość rzeki, oznaczyć się będzie mogła (14.). Że zaś powietrze czasęm jest lżeysze, czasęm cięższe, dla tego za każdą razą ciężar iego oznaczac potrzeba za pomocą ciężkości-

rza,

zza, albo przynajmnięć rachować prędkość c, stósując do powietrza siedmszt i dziewięćset razy lżeyszego od wody, prawdziwa prędkość wiatru zawsze będzie w tych granicach (Roz. I. 9.)

ROZDZIAŁ IV.

o biciu i odbiciu czyli oporze
ptynów.

§. I.

Przypuściwszy, że żyła wody lub innęgo iakięgo ptynu odchodzi z naczynia danego, i że b^2 jest przecinkiem téżże żyły, prostopadłym do iego kierunku; przypuściwszy oraz, że wszystkie czastki ptynu w tym przecinku iednaką prędkością c, i kierunkiem zawsze odchodzą, przekonać się można, że siła potrzebna do sprawienia takowego ruchu, równa się ciężarowi słupa prostęgo ptynu, mającęgo za podstawę b^2 za wysokość zaś 2a, to jest wysokość dwa razy większą od wysokości, która odpowiada prędkości c. Że bowiem prędkość c, odpowiada wysokości a, więc gdy wysokość nazwiemy g który ciała w próżni spadają w przeciągu iednej sekundy będzie $c = 2\sqrt{ga}$ (Xię. I. Roz. III. §. 2.) to jest plyn przecinka b^2 zawsze odchodzący prędkością c, może przebydź w cza-

Siła po-
trzebna
do spra-
wienia
biegu wo-
dy, z na-
czynia
stale peł-
nego wy-
pływają-
cęy.

w czasie t biegiem iednostaynym $2\sqrt{ga}$ stop, a przeto w czasie t , przebieży ténże płyn $2t\sqrt{ga}$ stóp. Miałszosć więc płynu w takowym czasie przez przecinek b^2 odchodzącego, będzie $= 2b^2t\sqrt{ga}$; siła za v potrzebna do sprawienia tego biegu będzie iednostayna, bo w równym czasie równé miałszosći, równą téż prędkością w jednymże kierunku zawsze odchodzą, a tén samém w równym czasie równé biegi postępné rodzą się. Mnogość zaś z miałszosći płynu w czasie t odchodzącego przez prędkosć $= 2b^2t\sqrt{ga}$; $2\sqrt{ga} = 4b^2tga$. Lecz jeżeli słup $2b^2a$ tegoż płynu własnym ciężarém P wolnie spada, w przeciągu t spada przez wysokość t^2g , i w tymże czasie nabywá prędkosći za pomocą którój biegiem iednostaynym w tymże czasie przebieżdż może $2gt^2$ stóp; (Xię. I. Roz. IV. 7.) to jest nabywá prędkosći $2gt$, a stąd mnogość wypadająca z prędkosći płynu i miałszosći $= 4b^2agt$. A że siły v i P są siłami iednostaynymi, będą się więc miały tak, iak biegi od nich sprawione w czasie t , rozdzieloné przez ténże czas (Xię. II. Roz. I. 12.) biegi zaś té będąc biegami postępnymi, będą iak wieloczynny z miałszosći i prędkosći (Xię. I. Roz. II. §. 8.) przeto $v: P = \frac{4b^2tga}{t} : \frac{4b^2agt}{t}$

skąd $v = P$. Wnieść więc należy, że siła v potrze

v potrzebna do sprawienia biegu nieustannego strumienia, równa się ciężarowi słupa płynu $2b^2a$, to jest mającego za podstawę b^2 ; a za wysokość $2a$.

§. II.

Niech będzie rurka AC tak skrzywiona, żeby przecięcie BE. początku krzywizny BC, było prostopadłe do przecięcia CD zakończonego téż krzywizną, to jest niech będzie rurka AC prostopadle zakrzywiona; przypuściwszy, że ta rurka jest walcową, oraz nie uważając ani na tarcie ani na ciężkosć, będzie iakaś prędkosć c , odpowiadająca wysokości a , którą płyn przez rzeczoną rurkę wszędzie płynąć będzie. Położmy otwór DC $= b^2$, a tak siła sprawująca bieg wody w rurce, będzie się równać ciężarowi prostego słupa wody $2b^2a$ (1.). W rurce więc AC prostopadle zakrzywionéj, strumień MB spływając przez krzywiznę rurki, ustawnie pre na nią i przez to coraż bardziéj zmniejsza bieg swój ku AB, a powiększa ku CF, to jest: bieg tén płynu taki jest, iak gdyby w każdym punkcie G krzywizny rurka nań działała dwoistą siłą, iedną F ku BA, drugą f ku CF. Przeto w punkcie C, gdzie płyn już zupełnie odchodzi kierunkiem CF, bieg ku AB całkiem jest zniszczony od siły F , bieg zaś całkowity ku CF sprawiony jest samą siłą f . A tak całkowita siła f , nagleca płyn przez całą krzywiznę

Bieg wody w rurce prostokątnej zakrzywionéj.

Fig. 114.

wiznę BGC, w kierunku CF = $2b^2a$.
 Agdy AM jest otworem iakięgo naczynia,
 równym otworowi DC, plyn odchodzić
 będzie przez otwór AM, prędkością ró-
 wną C w kierunku AB, siła zaś bieg ten
 sprawniata, będzie się równać ciężarowi
 plynu $2b^2a$ (r.) a że w każdym czasie
 danym, w równy ilości plynu bieg całko-
 wity przy AM, sprawiony znosi się, musi
 więc rzeczona siła przy AM, wyrówny-
 wać siłę F; stąd $F = f$, to jest plyn tak od-
 chodzi, iak gdyby ciężar $2b^2$ rozłożony po
 krzywiznie BGC, ustawnie parł go w górę
 ku BA, i razém inny równy ciężar $2b^2a$
 równie rozłożony po krzywiznie BGC
 parł go ku CF.

§. III.

Silnia Se-
gnera.

Fig. 114

Plyn prze na każdy punkt G krzywizny
 BC w kierunku prostopadłym ku GH, i
 parciem tém wcale różném od parcia rurek
 wyżey przytoczonego, (Roz. II. 17.)
 maitacém tylko mieyscé w krzywiznach
 rurek, parciem mówię tém odmiénia się
 jego kierunek. Parcie zaś to może się ro-
 zebrać na dwa inné, iedno GL, równole-
 głe do CF, drugie GI równoległe do AB,
 a prostopadłe do GL, a zatém w tym razie
 właśnie tak się dzieie, iak gdyby plyn był
 party bez przestannie ku GL iednym cię-
 żarém $2b^2a$ rozłożonym po krzywiznie
 BGC, i razém ku GI, innym równym cię-
 żarém $2b^2a$ po teyże krzywiznie rozcią-
 gni-

gnionym (2.) gdyż działanie plynu na
 rurkę równé zupełnie i wprost przeciw-
 ległe iest odporowi (reactio) rurki na
 plyn. Na tém się właśnie zasadza silnia
 Segnera, za pomocą której kamienie młyń-
 ski bez kół obracać się mogą. Walec
 bowiem pionowy AB, koło osi swoiey
 niewzruszonéy mogący się obracać przy-
 krywszy naczyniem iakiém walcowém Fig. 115.
 GCDH i doń go przytwierdziwszy, i na
 dnie tegoż naczynia wiele otworów ró-
 wnych wywierciwszy, przez któreby wo-
 da z naczynia mogła spływać do rurek,
 w koło podstawy EF przyprowadzonych,
 adolną swoią częścią prostopadłe zakrzy-
 wionych; woda wypadając przez otwory
 tych rurek w kierunku stycznych; podsta-
 wę EF w tył cofa w kierunku wprost
 przeciwnym siłą $2b^2a$, a tak silnia obra-
 cać się poczyną, i zawsze iednostajnie się
 obraca, byleby naczynie stale wodą było
 napelnioné.

§. IV.

Bicie plynów dzieli się powszechnie
 na proste, gdzie strumień iaki pionowo
 o płaszczyznę i ukośnie uderza. Przy-
 pusćmy zaś, że wszystkie cząstki strumi-
 nia uważaia się, iako maitacé iednaką prę-
 dkość i kierunek. Jeżeli więc strumień
 CDEF z otworu naczynia CF wypadając
 uderza prostopadłe na płaszczyznę AB, i je-
 żeli GE, GL, MLI t.d. są warsztami równemi,
 nader

Wyluszczenie bi-
 cia prosté-
 go.

Fig. 116.

nader cienkimi, do płaszczyzny AB równoległemi, rzecz widoczna, że warsztwa pierwsza GE obiwszy się o rzeczoną płaszczyznę, traci bieg swój w kierunku CD, następująca zaś warsztwa GL, pre na nią, a zatem coraz bardziej ją rozplaszczają na płaszczyźnie AB. Ale warsztwa GL doznawszy odporu warsztwy pierwszej GE, utracić także musi część iakaś biegu swojego w tym kierunku CD, a przeto trzecia też warsztwa ML na drugą GL przeciw będzie, iednakże strata ię biegu mnięysza jest jak warsztwy pierwszej, która rozplaszczawszy się na HI cieniszą się stała, a tak druga warsztwa w kierunku CD postępuje z G do P. Podobnymże sposobem czwarta warsztwa pre na trzecią, a ta mnięysza jak druga z biegu utracą. Tak tedy idąc dalej coraz bardziej zmniejsza się rzeczoną strata biegu, aż nakoniec warsztwa iakaś n. p. NO, ma bieg zupełnie wolny ku CD, gdy tym czasem wszystkie inne warsztwy znajdujące się pomiędzy O i E iedne mnięysza, drugie więćysza ściskają się i rozplaszczają. Strumień więc dany, począwszy od przecięcia NO coraz bardziej się na koło rozprzestrzeniając przychodzi aż do HQ, gdzie spływa z płaszczyzny w tę ilość, w jakiej w równym czasie przez otwór CF przyplęwa; o czém łatwo doświadczeniem przekonać się można.

§. V.

§. V.

Poki płyn po płaszczyźnie AB rozplęwa-
iacy się ma iakakolwiek wysokość QI
poły wszystkiego biegu swego ku CD nie
utracą: bo albo w tym razie coraz bardziej
się rozplęwa po rzeczonej płaszczyźnie, i wte-
dy punkt Q coraz bardziej zbliża się do tę-
ż płaszczyzny albo i też spływa z nię, a na-
ten czas bieg swój ku I czyli ku CD utrzy-
muje siłą bezwładności (*vis inertiae*). Ale
gdyby płaszczyzna AB, była nieskończonie
wielka, wysokość QI z czasem stać się mu-
si nieskończonie małą, a tęp samem i bieg
płynu ku CD, stanie się nieskończonie ma-
ły czyli żaden. Wszystek więc bieg stru-
mięcia ku CD, gubi się przez obicie się
o płaszczyznę AB. Że zaś w każdym
przeciągu czasu, tylę płynu odechodzi bie-
giem równoległym do płaszczyzny AB,
ilę ię przez otwór CF w tymże czasie
wyplęwa biegiem prostopadłym do tęże
płaszczyzny: wnieść więc należy, że
w tymże samym czasie płaszczyzna nie-
skończonie wielka AB niewzruszoną, tylę
niszczy biegu ku CD, ilę go się rodzi przy
CF. Siła więc obicia się strumienia
o płaszczyznę jest równa i wprost prze-
ciwległa sile, którą rodzi bieg w otworze
CF (2). Jest więc w tym razie siła bicia
prostego = $2b^2a$; gdzie b^2 wyraża przecię-
cie prostopadłe, czyli podstawę strumienia
CE, ilość zaś a oznacza wysokość, której
od.

Sila bicia
prostego
na płasz-
czyznę
nieskoń-
czenie
wielką.

Fig. 116.

odpowiada prędkość strumienia (1.); gdyby zaś płaszczyzna AB nie była nieskończenie wielką, siła bicia prostego zawsze mniejsza będzie od ciężaru słupa prostego wody ab^2 , a to tem bardziej, im mniejsza jest płaszczyzna. Ale to wszystko wtedy się tylko prawdzi, kiedy płyn uważa się za cieczkę, i w którym to przypadku bicie nazwać można *pojedynczem*: ciężarem bowiem płynów, częstokroć ich bicia czyli uderzania znacznie się odmienniają.

§. VI.

Doświadczenie dotyczące bicia wody.

Siła bicia doświadczeniem oznaczyć się może: używając się do tego naczynie stałe wodą napełnione, mające przyprawioną krótką rurkę walcową cienką, z której to rurki strumień wodny mało co ciężący, wytryskując, pada na płaszczyznę drewnianą lub metalową, zawieszoną na jednym końcu drążka, na którego drugim końcu kładzie się ciężar dla przyprowadzenia go do równowagi. W tym bowiem razie prawie wszystkie cząstki białe żyły wodnej, w tymże samym kierunku uderzają, i równą prędkością, której wysokość a , prawie wynosi $\frac{1}{2}$ wysokości stałej wody w naczyniu, podstawą zaś żyły prostopadłej b^2 równa się otworowi rurki (Roz. II. 10.). Tym sposobem przekonano się, że gdy żyły pionowe średnica nie dochodzi cała, średnica zaś płaszczyzny poziomej trzy lub cztery razy więk-

szą

szą jest od niej, siła bicia prostego mało co mniejsza, a prawie równa jest ciężarowi słupa prostego wody ab^2 (Bossut). Prawda, że ilość bicia powiększa się nie co w tym razie przez ciężar wody skupionej na płaszczyźnie poziomej. Ale w takich doświadczeniach uważa się i w rachunek wchodzi wysokość wody w naczyniu od ięcy powierzchni, aż do samej płaszczyzny na którą białe, gdyż żyła ciężkością swoją ustawicznie biegnie swój przyspiesza.

§. VII.

Niech ABHI wyraża naczynie nieskończenie wielkie, wodą napełnione aż do AB, mające otwór przy FG, niech będzie LM przecięciem walcowym żyły zwartej przez FG wytryskującej. Zatkamy otwór poziomy FG rurką pionową ED EG mającą go za podstawę płaszczyznę poziomą DE, część zaś rurki FLMG niech ma kształt żyły zwartej, część zaś druga LDEM niech będzie walcową, w tym razie płaszczyzna DE wytrzymywać będzie parcie od ciężaru słupa wodnego ab^2 mającego za podstawę płaszczyznę DE = b^2 , za wysokość zaś DC = a , to jest wysokość wody po nad tą płaszczyzną, aż do ięcy powierzchni w naczyniu. Parcie to na płaszczyznę, rzeczoną zawsze zostanie = ab^2 chociażbyśmy całą część rurki walcową LDEM, odiegli, byleby ta płaszczyzna

Siła bicia prostego na płaszczyznę równą podstawie żyły białej.

Fig. 117.

zna nieruchomie była przytwierdzoną. Bo lubo na ten czas słup wodny EC dołem odchodzi, z tē wszystkiē nie z jego wysokości nie ubywa, dla staty pēności naczynia, a zatē tēż sam ciężar nieustannie utrzymuie płaszczyznę DE. Widoczna zaś jest, że odiawszy część LE walca, żyta wodna wpłost biie na płaszczyznę DE, a woda w przecięciu LM, ma prędkość odpowiadającą wysokości LC (Roz. II. 5.) gdyż tu się bierze długość LD znaczny wielkości (4.). Wno. się więc, że biorac wodę za beziegęzką bicie proste żyty wodny na płaszczyznę równą podstawie żyty, lub przecinkowi prostopadłemu do jego osi, bicie mówię takowē, równa się ciężarowi słupa prostego wody, mającogo za podstawę tēż płaszczyznę, za wysokość zaś wysokość odpowiadającą prędkości żyty. Siła więc takowego bicia, wyrównywa połowie siły bicia prostego na płaszczyznę nieskończenie wielką (5.).

§. VIII.

Podobnymże sposobem oznaczyć można siłę bicia ukośnego na płaszczyznę równą przecięciu żyty białcy. Niech bowiem N wyraża szrodek płaszczyzny DE, niech oraz płaszczyzna iakokolwiek OP przecina walec LE przez szrodek N, pod kątem QNP = r, płaszczyzna OP nieruchomą, po odcięciu spodniy części rurki

Fig. 117. niebędzie mogła utrzymać całego ciężaru wodnē.

wodnego ab² lecz tylko część iego. Dāy-
my, że linia pionowa NR = ab² gdzie a,
wyraża szrodek słupa, CP wysokość,
NQ = DC, zaś b² wyraża przecinek pro-
stopadły lub podstawę strumienia DE, po-
prowadźmy RO prostopadłą do OP, atak
ciężar czyli siła NR, będzie się mogła ro-
zebrać na dwie innē siły NO i OR z któ-
rych pierwsza będąc równoległą do płasz-
czyzny PO, nie działa na nią, (gdyż tu
bierze się woda za beziegęzką) druga zaś
OR całkiem wytrzymuie płaszczyznę.
Jest zaś OR: NR = Wst. r: 1, gdyż ONR
= NOL = QNP. Przeto bicie ukośne na
płaszczyznę OP = ab². Wst. r, to jest, gdy
szrodek N płaszczyzny OP utrzymuie się
siłą równą ciężarowi ab². Wst. r w kierun-
ku prostopadłym do niy, na ten czas
płaszczyzna ta zostaje w równowadze, i
bicie wody z naczynia wypadający, nie
może iey wzruszyć. Ogólnie więc wnieśē
należy, że bicie strumienia beziegękiego,
z pewną prędkością c, na płaszczyznę
przecinkowi iego równą wypadającego,
równa się ciężarowi słupa prostego płynu,
mającego za podstawę przecięcie prosto-
padłe strumienia, wysokość zaś odpowia-
dająca prędkości c, rozmnożonę przez
wstawę kąta pochyłości płaszczyzny do osi
strumienia.

§. IX.

Z

§. IX.

Niech będzie ciało E całkiem zanurzone w rzecę, które wszystkie czastki jednakową prędkością c, w jednymże kierunku AB płyną; w takowym razie rzeka bić będzie na przednią powierzchnią BD ciała E. Wykryśliwszy więc graniastostup ABDE na podstawie BD, mający oś równoległą do kierunku AB rzeki, takowy graniastostup wodny będzie żyłą nieokręśloną wielkości, bieżącą na powierzchnią BD równą przecięciu jego. A ponieważ przypuszczamy tu, że rzeka ma kierunek poziomy, strumień więc AD płynąć wolnie utrzymuje się od wody otaczającej, a przeto tak płynie jakby wcale był bezciężkim, i razem bieg jego doświadcza przeszkody od zanurzonego ciała E. A że woda z drugie strony FHIG uchodzi, woda więc poboczną ciała E, wpadając w miejsce próżne przy FG, nagłona jest ciężarem rzeki, a przeto prędzej płynąć poczyną, a tak żyły poboczne, DGML, BFON, ustępując parciu żyty bieżącej ABDE, ściskane są i odpierane od ciała zanurzonego, przez co cieńszymi się stają, między RS i LM lub między PQ i NO, tyleż teraz co i przedtem odchodzi wody; ale ponieważ ona teraz bystrzej płynie, przecięcie SE lub QN mniejsze jest od przecięcia DL lub BN, i tak tedy żyła wody ABDE rozłana, w koło ciała między BiQ, DiS, it. d. spływa.

Bieg wody na ciała w nię zanurzone.

Fig. 118.

Woda zaś oblewająca ciało E, odpierana jest zewsząd od tegoż ciała, częścią parcia żyły rozłanej ABDE; parcie zaś to pochodzi już to od biegu téżże żyty ku AB, już od jego tylko ciężaru. Zaczem niższą wodą bardziej jest odpierana, iak wyższą, żyła zaś bieżąca, spływając tém bardziej na dół idzie, im jest grubsza, i z mniejszą prędkością ku AB bieży; gdyż tém bardziej parcie od ię ciężaru pochodzące przewyższa parcie pochodzące od biegu ku AD. Wszakże woda przed ciałem będąc, nie może w tymże samym momencie, w którym ściska się ustąpić na bok, lecz potrzebuje do tego pewnego czasu, przez ten więc czas woda się skupia, a nie mogąc zgęszczać się wznosi się po nad powierzchnią rzeki, a tak bardziej pre na ciało, aniżeli woda tylna, przez co moc bicia powiększa się.

§. X.

Podobnie się dzieje, gdy ciało E, nie w wodzie, lecz w powietrzu zanurzone, doznaje bicia od wiatru, lub żyły powietrznej ABDE, w biegu zostającej. Wszakże dwoma rzeczami bicie powietrza różni się od bicia wody. A nasamprzód ciężar żyły powietrznej iako nader mały nigdy nie może znacznie odmienić bicia, lecz żyła ta rozprysknawszy się w koło ciała, iednostajnie uchodzi, tak iak gdyby była bezciężką, gdy przeciwnie żyła wodna

Bicie powietrza na ciała w powietrzu ziemskie zanurzone

Fig. 119.

nader się na dół zwraca. Powtóre powietrze przed powierzchnią BD, zawsze mniey lub więcéy zgęszcza się, czego nie mogąc uczynić woda wznosi się: zgęszczanie się zaś to, tém większe być musi, im trudniéy powietrze ustępuje na boki, i z ję większą mocą obija się o ciało. Zgęściwszy się znacznie przed ciałem, a rozrzedziwszy się za témże ciałem, bicie swoje na toż ciało znacznie powiększa przyczyny sprężystości.

§. XI.

Odbicie
proste i
ukośne.

Gdy ciało E w wodzie lub w powietrzu spokojnym zanurzone, bieży, doświadcza odporu czyli odbicia, które nie od innéy przyczyny pochodzi tylko ód wzajemnego uderzania się. Wszystko jest iedno, czyli płyn bieżąc pewną prędkością działa na ciało spoczywające, czyli też ciało tąż prędkością bieżąc działa na płyn spoczywający: w obydwóch razach uderzanie się ciała z płynem jest to samé. Jeżeli powierzchnia przednia BD jest płaska, i ciało samo bieży w kierunku BA do téżże powierzchni prostopadłym: Odbicie (renisus) doznane od ciała jest *proste* imociego równa mocy bicia prostego płynu w tymże kierunku bieżącego na ciało spoczywające. Jeżeli zaś ciało bieżąc innym jakim kierunkiem ukośnym do BD biie na płyn, na ten czas odbicie jest *ukośne*; z czego się okazuje, że cokolwiek się mówiło o biciu

o biciu prostém i ukośném, na ciała zanurzone w płynach, toż samo może się rozumieć o odbiciu prostém i ukośném.

§. XII.

Gdy ciało E w rzecie lub powietrzu całkiem zanurzone jest małe, ciężar też żyły biłacéy nań nader mały bydz musi, a przeto woda lub powietrze przed ciałem takowém mało co skupiać się będzie, bicie zaś przez to prawie nie wcale nieodmieni się. Dowodliwa jest, że w tym przypadku bicie taka ma dzielność, iakaby miało, będąc zupełnie wolné, gdyby płyn był bezciężki: to jest jeżeli powierzchnia BD płaska, jest prostopadła do AB, to wprost bicie równać się będzie ciężarowi słupa wodnego lub powietrznego, mającego za podstawę płaszczyznę BD, wysokość zaś odpowiadającą prędkości rzeki lub wiatru (7.). O téy prawdzie przekonywała doświadczenia czynione przez JP. Maryotta i innych Fizyków.

Siła bicia
prostego
na ciało
małe
w płynie
zanurzone

§. XIII.

Kulę ADB mającą szrodek C, zanurzwszy całkiem w rzecie tak, żeby szrednica iey AB była prostopadła do kierunku rzeki FC, kula ta parta będzie od tego samego strumienia czyli żyły MABE od której i iey kóło wielkie AB byłoby parté, gdyby półkulę AIB było odcięte. Lecz ponieważ aż kierunek bicia strumienia w tych dwóch

Bicie na
kulę.

Fig. 119.

dwóch przypadkach nie jest jednaki, to jest prostopadły na koło, a ukośny na powierzchnię kuli, wyiawszy średni ięć punkt, na który bież plyn w kierunku FC prostopadłym, musi więc zachodzić różnica między temi dwoma biciai. Niech będzie żyłka plynu HGL równoległa do żyłki FC, linia zaś GI styczna do FC, kąt HGI pod którym taż żyłka bież na punkt G, nazwiemy r ; bicie więc to, będąc ukośnym, mniejsze bydz musi od bicia prostego na punkt L, koła wielkiego. JP. de Borda odkrył przez doświadczenia (Pamię. Akad. Paryz. w R. 1767.) że siła bicia na kulę wynosi tylko $\frac{2}{5}$ siły bicia prostego na koło wielkie téżże kuli. Skoro więc kula zanurzona w płynie jest mała, bez żadnego znacznego uchybienia, brać można bicie proste rzeki na ięć koła wielkie za równe ilości ab^2 (12.) a przeto bicie na samą kulę $= \frac{2}{5} ab^2$ który to wyraz służy i biciu powietrza na kulę małą i onęży odbiciu.

§. XIV.

Dámy, że wiatr równą prędkością bież prostopadle na podstawy dwóch walców, których podstaw średnice AB i CD są w stósunku 1: 2, a przeto same podstawy w stósunku 1: 4. Bicia więc w tym razie będą także w stósunku 1: 4. (7.) biorąc powietrze zarówno gęste i sprężyste, a ciężarém swoim nie prawie nie odmięniając bicia (10.). Niech AILB, CMND

wyr-

Odpór ciół
w powie-
rzu.

Fig. 120.

wyrażaia strumienie walców powietrza bieżące na koła AB i CD; z których pierwszego przecięciem niech będzie płaszczyzna EF równoległa do AB, drugiego zaś płaszczyzna GH równoległa do CD. tak żeby było $AE = CG$. Powietrze przed podstawą AB zawarte między AB i EF uchodzić będzie po powierzchni ABFE, powietrze zaś przed podstawą CD uchodzić będzie po powierzchni CDHG. Ma się zaś powietrze między AB i BF do powietrza między CD i GH, iak 1: 4, powierzchnia zaś ABFE do powierzchni CDHG iak 1: 2. Gdy więc równe cząstki powietrze równą siłą uderzaia na każdą z obydwóch podstaw, cząstki te przed podstawą AB łatwiey na bok ustąpić mogą, a tém samém mniej się zgęszczają, iak té, które są przed podstawą większą CD; przeto bicie całkowite na płaszczyznę CD ma się do bicia całkowitego na płaszczyznę AB w większym stósunku iak 4: 1. Taż sama prawda służy i bicióm ukośnym, jeżeli prędkości są jednakié. Jakoż doświadczenie samo przekonało, że odbicia ciół podobnych równą bieżących prędkością i w jednymże kierunku przez powietrze, nie są w stósunku powierzchni obiaiających się o toż powietrze, lecz powierzchnia większa, zawsze nieco większego odbicia doznaje, a niżeliby doznawać powinna podług stósunku swojej wielkości; i owszém przekonano się, że odpór

kto.

którego toż samo ciało, już przedzły już powolnie przy innych równych okolicznościach biec przez powietrze doznaie, jest w stosunku kwadratowym prędkości jego (Borda). Skąd się wnosi, że odpór kul małych, iakiemi są kule średnicy 1. lub 2 caliów przez powietrze bieżących prawie zawsze równy jest ciężarowi słupa powietrznego $\frac{2}{5}ab^2$ (12. 13.) bądź te kule przedzły, bądź powolnie bieżą; co nie służy kulom większym.

§. XV.

Opór ciał
pływają-
cych.

Fig. 121.

Okrety lub inne ciała pływające w części zanurzone pionowo w wodzie stojący, a nagłone od wiatru lub inné iakiękolwiek siły, doznają oporu od wody BEFA która jest prostopadła do płaszczyzny ich przedni DE, kiedy te bieżą w kierunku AB. Jeżeli więc okręt lub inné ciało wysokości DE zanurzone jest tylko częścią BE téż wysokości, którą się zwać zwykła głębokością zanurzenia pionowego, tedy woda płaszczyzną ciała płynącego parta wznosi się w górę po nad powierzchnią iey AB n. p. aż do C, i razem w koło ciała i dotę wchodzi, nie mogąc już wyżej się podnieść, przez co opór ciała powiększa się w stosunku prędkości biegu iego. A że gdy woda się wznosi przed przednią częścią ciała płynącego, zostawia za sobą miejsce próżne, do którego woda poboczna własnym ciężarem nagłona wchodzi, i na-
pełnia

pełniać, (a do tego trzeba nieiakięgoś czasu) wnieść więc należy, że ciało pływające, im jest krótsze, a część iego tylna szersza, tém też opór iemu bydz musi większy; o czém następujące doświadczénia przekonywają. Dwa graniastosłupy pro té DA, EH, równie głęboko na $12'' 5\frac{1}{2}'''$ zanurzone równy szerokości $19'' 8\frac{1}{2}'''$ z których pierwszy jest długi na 6 stóp, drugi zaś tylko na dwie stopy, graniastosłupy mówię takowé, równą prawie prędkości płynac w wodzie stojący, to jest krótszy upływając stóp 2, 55; dłuższy stóp 2, 58; w jednéj sekundzie, doznały oporu prostego nierównego, to jest krótszy 13, 6 funtów, dłuższy tylko 12, 6 funtów. (nowe doświadczénia około oporu płynów przez JP. d' Alembert, de Concordet, Bofut). Graniastosłup AD nagłony do biegu pionowo prędkością prawie 2 stóp, doznał oporu prostego 7, 75 funtów. Inny graniastosłup podobny IN zanurzony na $12'' 5\frac{1}{2}'''$ szeroki na cztery stopy, a długi na $19'' 8\frac{1}{2}'''$ równą prędkością nagłony, doznał oporu 30 funtów. W tym przypadku, gdyby nie trzeba było mieć wzełdu na parcie wody na graniastosłup, pochodzące z nierówny iey wysokości przed i po nim, odpory proste bezwątpienia byłyby w stosunku powierzchni przednich graniastosłupów, czyli linii AB, LI a przeto w stosunku $19^2 : 48 = 59 : 144$. Ale na ten czas opór pro-
sty

Fig. 124.

sty graniastopu IN bydzby musiał 19 funtów tylko, gdy jest w rzeczy saméy 30 funtów.

§. XVI.

Opór pro-
sty ciał
pływają-
cych czę-
stokroć
nader się
zmniejsza
od ciężaru
wody.

Fig. 125.

Chcąc dokładnie poznać opór ciał pływających, należy nąywiększy mieć wzgląd na zwrót wody na dół popchnio-
ney. Gdy bowiem strumień popchnięty jest znaczney grubości i ciężkości, bieg zaś ciał pływających nader mały, na ten czas nąy-
większa część takowey żyły wody obita na dół się zwraca, a tak przez to, bicie na
płaszczyznę prostopadłą do kierunku wo-
dy, z prostego zamiénia się nieiako w u-
kośné, a tém samém zmniejsza się.
Zmniejszenie się to, iak uczy doświadcze-
nie, częstokroć jest bardzo znaczne. I tak
łódka mająca kształt graniastopu prosté-
go, w tylnéy części kończąca, szerokości
 $AB = 1$ stóp, długości $BC = 4$ stóp, dłu-
gość zaś kończastości $= 2$ stóp, łódka mó-
wię ta zanurzona w wodzie do głęboko-
ści iednéy stopy, a nagłona w stronie AB
biegiem prostopadłym, w kierunku CB tak,
żeby iednostaynie na każdą sekundę prze-
biecz mogła 2, 3 4 stóp, doznała oporu
prostego 5, 8125 funtów. W tym razie
podstawa strumienia $b^2 =$ iednéy stopie
kwadratowéy, wysokość zaś a odpowia-
dająca prędkości 2, 34 stóp $= \frac{2, 34. 2, 34}{60, 4} =$

0, 0906, a przeto ciężar słupa wodného
 $ab^2 = 0, 342$ funtów, gdzie stopa sześcién-
na wody bierze się za ważącą 70 funtów
Paryzkich. Bicie więc poiedynczé proste
jest większe od tego ciężaru, gdyż płasz-
czyzna, na którą woda biele, większa jest
od żyły wodnéy (5. 7. 13.). Ale bicie
rzeczywiste było mnieysze prawie ilością
0,53 funtów, a przeto znacznie zmniej-
szone przez zboczenie żyły. Inną łódka
FHGIL mająca szerokość $FG = 2$ stóp dłu-
gość $FH = 4$ stóp, długość kończastości HLI
 $= 2$ stóp zanurzona do głębokości iednéy
stopy, a nagłona prostopadłe w kierunku
 HF prędkością 1, 89 stóp, doznała oporu
7, 75 funtów. Jest zaś tu $b^2 = 2$ stóp kwa-
dratowych, a $= 0, 059$ stóp, przeto ciężar
słupa wodného $ab^2 = 8, 274$ funtów. Iecz
opór z przyczyny zboczenia strumienia
mnieyszy był od tegoż ciężaru 0,52 funta-
mi.

§. XVII.

Łódka (navicula) mająca kształt grania-
stosłupa prostého szeroka na 19" 8" długi
na 6 stóp zanurzona w wodzie raz do głębo-
kości 7" 10" drugi raz do głębokości 12"
5" trzeci raz do 15" 10", a w każdym ra-
zie prostopadłe nagłona do biegu, równa
prawie prędkością 3 stóp, doznała oporu
w pierwszym razie 13, 06; w drugim 18,
4, w trzecim nakoniec 23, 25 funtów, acz
stó.

Im głębiéy
się ciało
zanurza
w wodzie
tém bar-
dziéy
przy ró-
wnych

okolice-
nościach
opór jego
zmniejsza
się.

stosownie do głębokości, opory té bydyby były powinny w stosunku 13, 06; 20, 7, i 26, 4 funtów. Skąd się wnosi, że płaszczyna iakakolwiek prostopadle do kierunku rzeki zanurzona, przy równych okolicznościach, tém mnieyszego doznaie oporu, im głębiej się zanurza. Który to skutek przypisać należy tém łatwiejszemu zwróceniu się na dół żyty białcy, im ciało głębiej jest zanurzone. Tu także wyrozumieć można, dla czego w jakiegokolwiek głębi zanurzywszy płaszczynę, opór iey, przy równych okolicznościach, powiększa się w większym stosunku a niżeli onęże szerokość.

§. XVIII.

Opór te-
goż same-
go ciała
plywają-
cego w je-
dnakim
kierunku
różna
prędkością
nagłonego
powiększa
się w wię-
kszym niż
kwadrato-
wym sto-
sunku pręd-
kości.

Graniastop FL pod § 16 opisany, zanurzywszy w wodzie do głębokości iedney stopy, ciężarém 7, 75 funtów prostopadle nagłony do biegu, biegł prędkością 1, 895 stóp, ciężarém zaś 23, 25 funtów, nagłony biegł prędkością 3, 177 stóp. Má się zaś kwadrat prędkości 1, 895 do kwadratu prędkości 3, 177, iak 7, 75 do 21, 8; przeto opory proste były w rzeczy samej w większym stosunku, to iest, 7, 75: 23, 25, a niżeli stosunek kwadratów prędkości. Co przypisać należy nie iednakowemu zwracaniu się na dół żyty białcy na płaszczynę przednią ciała zanurzonego, przy odmiennęj prędkości biegu iego. Ta także wytłoma-

Fig. 125.

maczyć można, za co toż samo ciało większego doznaie oporu w kanale, lub rzecie mialkięj i wązkięj, a niżeli głębszięj i znaczney szerokości (dziela Franklina Tom II) czego właśnie doświadczyć można na statkach.

§. XIX.

Dámy, że przednią powierzchnia iakięgo ciała, składa się ze dwóch prostokątów równych AB i BC, zanurzywszy ią wrzecie pionowo do pewney iakięj głębokości p, tak iednak ażeby BF kierunek rzeki iednak miał pochyłość do obydwóch rzeczonych prostokątów. Niech AC wyraża przecięcie prostopadle czyli podstawę strumienia białcego LACM a niech znaczy wysokość prędkości rzeki odpowiadającą, r zaś kąt FBC = FBA będzie więc bicie ukośne pojedyncze na AB i BC = a AC. p Wst. r, gdzie płaszczyny AB i BC uważają się iako nic wcale nad wodę nie wychodzące (8.). Poprowadzmy linie FE, FH, prostopadle do BC i BA, i linią HE przecinającą BF w punkcie G, a tak siły bicia na płaszczyny BC i BA iako prostopadłe wyrazić się mogą przez linie EF i HE a przeto rozebrać się na siły EG, GF, i HG, GF. A że siły EG, HG, równe i wprost przeciwległe sobie, znoszą się nawzajem, siła zaś GF má się do EF iak Wst. r: 1, a zatem $2GF = a AC. p Wst. r^2$. Ta więc siła $2GF$

Opór uko-
śny płasz-
czyny pio-
nowo za-
nurzo-
nych
w wodzie

Fig. 126.

2GF cała powierzchnia przednia ciała ABC, po nad powierzchnią wody niewychodzącą nagłona jest ku BF, i taka też jest siła oporu poiedynczego. Ciała zanurzonego w wodzie stojący, bieżącego w kierunku FB, prędkością wysokości a odpowiada-
iaca.

§. XX.

Doświadczenie naucza, że opór rzeczony w jstocie samy zawsze przewyższa ciężar wody słupa prostego a AC. p Wst. r^2 , a to tém bardziy, im kąt ACB jest mnieyszy. I tak graniastosłup AE wyżey wzmiankowany (16.) w wodzie stojący zanurzony do głębokości iednėy stopy, ciągnąc za punkt E w kierunku BC prostopadłym do DC, ciężarém czyli siłą 4, 9 funtów, graniastosłup tén iednostaynie uchodzi na każdą sekundę przez 3, 367 stóp. A ponieważ w przeciągu sekundy ciała wolnie u nas spadają z wysokości 15, 1 stóp, i spadkiem tym nabywają prędkoci 30,2 stóp, będzie się więc mieć wysokość 15, 1. do wysokości a , iak kwadrat prędkości 30,2 do kwadratu prędkości 3,367; przeto $a = \frac{3,367 \cdot 3,367}{60 \cdot 4} = 0,18769$ stóp. Ale

AC. p (19.) czyli przecięcie żyły prostopadłej wynosi tylko iedną stopę kwadratową, gdy AC i p, jest tylko iednėy stopy.
Kąt

Kąt $2r$ czyli DEC jest (Fig. 125) $= 28^\circ 6'$, stąd $r = 14^\circ 3'$, Wst. $r = 0,24277$, Wst. $r^2 = 0,058937$. Zatem słup wodny a , AC p Wst. r^2 stóp sześciennych, waży funtów 0,76, gdy tym czasem iak wiemy, iedna stopa sześcienna wody $= 70$ funtów. Opór więc poiedynczy danego ciała wychodzącego nie co po nad powierzchnią wody, większy bydz musi od 0,76 funtów. Jest zaś w tym razie opór prawdziwy składany $= 4,9$ funtów, przeto większy jest iak 6 razy. Tym tedy sposobem wszystkie bicia podobne ukośne, nowiekszaia się podług doświadczenia, i to także gdy kąt $2r$ większy jest od prostego, wtedy opór mało co przewyższa ciężar słupa wody prostego, a , AC. p Wsta r^2 ; im zaś kąt $2r$, bardziy maleie, tem téż tén odpór większym się stale od rzeczonego ciężaru i tak n. p. dwa razy wtedy kiedy $2r = 53^\circ$ sześć razy, gdy $2r = 28^\circ$. Który to skutek przypisać należy nie iednostaynemu ustępowaniu żyły ukośnie białego na płaszczyznę, ta zaś nieiednostayność pochodzi od ciężaru pływau.

§. XXI.

Ponieważ strumién białcy nie iednostaynie spływa z płaszczyzny, gdyż nie iednakosie rozdziela, przeto niektóre iego promienie większą, a niektóre mnieyszą mocą białą na płaszczyznę. Gdyby n. p. AB promień

W każdym biału ukośnym

które
cząstki ży-
ły wody
większą,
a niektóre
mniejszą
siłą białą.

Fig. 128.

mięń płynu obiwszy się o ciało iakie prostopadłe się załamał ku BC wszystak bieg pierwiastkowy od A do B straciłby, zatem siła bicia iego byłaby równa sile, od której pochodzi ten bieg pierwiastkowy (2.). Jeżeliby zaś tenże promień AB. przez obicie się wziął kierunek BD pod kątem rozwartym ABD, na ten czas siła iego bicia będzie mniejszą; gdyż bieg BD rozebrać się może na biegi BC i CD który ostatni bieg CD iednego jest kierunku co i AB a tak promień AB niewszystek bieg początkowy swój ku B traci, a cz pozostałe część biegu tego CD. Jeżeli nakoniec tenże promień AB pod kątem ostrym ABE obity, bierze kierunek BE, siła bicia większą bydz musi od siły sprawiający bieg AB. ponieważ ona nie tylko niszczy cały bieg AB, ale też jeszcze nowy bieg wprost przeciwny CE rodzi. Gdy więc strumień wodny ukośnie białe w kierunku HC na płaszczyznę AB; ponieważ w tym razie bieg HC rozebrać się może na dwa biegi, ieden ku CD, lub ED, drugi prostopadły do płaszczyzny AB, poprowadziwszy więc FG prostopadłą do ED cząstki wodne płaszczyzny IG, tak białą na płaszczyznę AB, iak gdyby sam strumień był wprost, a to z przyczyny katów HCG, HCF prostych, cząstki zaś ku CD uchodzące najmniejszą, a cząstki ku CE spływające największą obijają się siłą; gdyż kąt HCD jest

jest rozwartý; kat zaś HCE ostry. Wszakże gdy strumień bierze się za bezciężki, siła całkowitego bicia, zupełnie też sama będzie, iak gdyby cały strumień ku CD zwrócił się: bo bicie z jednéj strony powiększa się biegiem wody ku E, ale razem z drugiey strony zmniejsza się, z przyczyny powiększonéj prędkości ku D. Im bowiem większy jest bieg ku BD (Fig. 128.) tem większy też jest bieg CD, przy którym to biegu promień AB wbdy obity zostaje po swoim obicie się.

§. XXII

Stąd łatwo wyrozumieć można, że bicie ukośne żyły wodnéj, albo się powiększa albo zmniejsza, z przyczyny ciężkości promienia wody. Jeżeli bowiem żyła białą własnym ciężarem nagłona jest ku CD większą ięć część iak w bicu pojedynczym, w tęż stronę się zwraca; a przez to bicie składane mniejszem się staje od podobnego bicia pojedynczego; o czém właśnie i doświadczénie przekonywa. Doświadczyc bowiem można, że żyła pionowa białą na płaszczyznę ukośną AB. zmniejsza bicie swoje tem bardziej, im płaszczyzna rzeczona jest ukośniejszą, to jest, im większą częścią ciężaru swojego żyła jest nagłona ku CD (Bosut). Lecz jeżeli żyła ciężarem swoim nagłona jest ku CG, lub CE, lub CF, lub innym iakimkolwiek kierunkiem

Bicie ukośne żyły wodnéj niekiedy powiększa się, a niekiedy zmniejsza się ięć ciężarem.

Fig. 129.

A a

kiem

kiem posrzednim, bicie ukośne powiększy się, a to z przyczyny zwracania się większej części żyły w tym kierunku, mniejszy ku CD, iak w biciu podobnym poiedynczém; a że w tym przypadku, iakieśmy już wyżey widzieli (20.) strumień wodny własnym ciężarém naglony, zawsze dąży na dół kierunkiem pionowym czyli prostopadłym do poziomu rzeki; nie dziw więc, że w tym razie bicie ukośne złożone, większe jest od bicia poiedynczego takóž ukośnego na płaszczyznę niewychodzącą po nad powierzchnią wody: tém zaś większe jest, im pochyłość iego jest mniejsza, zwłaszcza gdy woda szednia strumienia przy C lub A spływając, musi przebieść całą długość BC i BA, a przeto równie nie łatwo parciu ustąpić może, iak i woda szednia strumienia iakięgo, prostopadle na płaszczyznę $= AB + BC$ biącęgo. A tak znacznie się zbiera woda osobliwie koło B i parciem swoim na płaszczyzny BC i BA bicie albo opór powiększa (17.).

§. XXIII.

Nie masz potrzeby głębić się zapędzać
Przez za- w badanie prawa, podług którego pod ka-
krzywio- żdą wielkością kąta pochyłości r, bicie
nie przed- ukośne na płaszczyznę ABC powiększa się
kół w z przyczyny ciężaru żyły wodney. Bicie
takowé znacznie się zmniejszyć może,
dając

dając ciału pływającemu przednią po-
wierzchnią zewsząd zakrzywioną i do
powierzchni wody pochyłą, iaką właśnie
mają przody okrętów. Niech bowiem
ACD wyraża przecięcie równoległe do
kierunku rzeki pionowo przechodzące
przez szrodek iakięgo okrętu. Popro-
wadźmy linią AB pionową do linii pozi-
omej FG, bicie żyły wodney poziomę
EADF na AD nierównie mniejsze będzie od
bicia též żyły na AB; ponieważ nie
tylko bicie na AD jest ukośne, ale też i
promienie żyły wszędzie iakimś kierun-
kiem AG do kierunku rzeki EA, pod ką-
tém rozwartym EAG pochyłym na dół
własnym ciężarém są naglone, przez co
bicie znacznie się zmniejsza (22.). Niech
jeszcze CAB będzie przecinkiem poziomym
przodu statku, którego płaszczyzny DC i
EB równoległe do kierunku rzeki dotyka-
ją się w C i B, płaszczyzny zaś pionowe
AD i AE, dotykają się przy A; poprowadź-
my dół iakięgokolwiek punktu A styczną
HI, tym sposobem, uformuje się kąt FHI,
pod którym promień wody FGH obija się
o przodek statku, i który rozwartszy jest
od kąta FCE kąt zaś FGE jest kątem pochy-
łości tegoż promienia biącęgo na płaszczy-
znę pionową AE, zaczęm bicie przy H
mniejsze jest iak przy G. Skąd się wnosi,
że bicie wody na przody okrętów zewsząd

w statkach
odpór wo-
dy znacz-
nie się
zmniejsza

Fig. 130.

Fig. 131.

zakrzywione, nie tylko mnieysze jest iak na też przody płaskie i pionowe, ale też bez wątpienia mnieysze jeszcze byłoby, iak na przody po nad wody niewychodzące, gdyby woda była bezieżka; ponieważ żyła wody, ciężarém swoim wszędzie jest nagłona w kierunku, pod kątem rozwartym do kierunku rzeki pochyłym.

XIĘ-



X I Ę G A V.

o biegu Ciał Niebieskich.

R O Z D Z I A Ł I.

o obrocie i siłach odśrodkowych
(vis centrifuga).

§. I.

Powiedziało się wyżej, (Wstę. IV. 12.) że bieg ów spółny, którym słońce, księżyc i inne ciała Niebieskie około ziemi, w przeciągu 24 godzin od wschodu ku zachodowi zdają się obracać, jest tylko pozorny, i że n ożę pochodzić od obrotu ziemi od zachodu na wschód. Rzecz ta tém bardzięj do prawdy zdaie się podobną, im słońce ogromnością swoją przewyższa ziemię i prawie nieskończenie jest od nięj odległe (Wstę. IV. 6.). Gdyby się słońce iako też inne ciała Niebieskie obracały około ziemi, prędkość ich obrotu musiałaby być niezmiernie wielką i poięci przewyższającą. Dla iakięż przyczyny wszystkie gwiazdy obiegaby mogły bezprzestannie ziemię biegiem jednostajnym, i w równym zawsze czasie, kiedy odległości ich od ziemi nieskończenie od siebie są różne? iakże sobie wystawić można, że księżyc i planety porywane owym dziennym i nąypredszym obro-

Dowodli-
wa jest, że
ziemia o-
koło osi
swojej
obraca się.

obrotém, mogą odbywać biegi swoje właściwie zawsze foremnie. Cóż tu mówić o kometach, którym także bieg ow spólny służy? wszystko to łatwo się wyłożyć może przez obrót ziemi.

§. II.

Nader więc dowodliwá jest, że kula **Ciało stałe** ziemna obraca się około osi swojej, tak (contiens) żeby jak słońce i planety. Gdy ciało stałe obraca się około jakowéys linii, którą osią obrotu nazywamy, wszystkie jego punkta obiegają łuki kół równoległych, mających płaszczyzny prostopadłe do téjże osi; łuki te są wymiarami kątów, które się robią przez dwie linie, od tych punktów do rzodka każdego takiego łuku prowadzonych. Ciało stałe mając dwa punkta A i B niewzruszone, jeżeli jest w biegu, musi się w koło obracać, a nawet tak, że oś obrotu przechodzić będzie przez punkta A i B. Dajmy bowiem, że iakążkolwiek cząsteczka D ciała będąca za linią AB, w jakimkolwiek czasie przechodzi z D na E; podzielimy linią DE na dwie części równe, $DC = CE$, poprowadzmy jeszcze DA, CA, EA, i DB, CB, EB, a będzie $DA = EA$, $DB = EB$, i linie AC, BC, będą prostopadłe do DE, a tém samém linia DE będzie prostopadła na płaszczyznę ABC. Podobnymże sposobem, gdy cząstka D przyydzie potem na iakie inne meysce G, poprowadziwszy linią DG, i rozdzieliwszy ją na dwie

Fig. 132.

dwie części równe $DH = HG$ ta linia DG będzie prostopadła do płaszczyzny ABH. Przeto wszystkie takowe linie DG, DE i t. d. znajdują się na płaszczyźnie prostopadłej do linii AB, która to płaszczyzna przechodzi przez punkt D, na nięć więc znajdują się wszystkie mieysca cząstki bieżący D, E, G, i t. d. Niech taż płaszczyzna przecina linią AB w punkcie F poprowadzmy linie DF, EF, a zrobią nam się trójkąty ADF, AEF równe i podobne. Jest zatem $DF = EF = GF$, i t. d. to jest cząstka D na owę płaszczyznę prostopadłą kręśli koło około szrodka F. Ze zaś, co się tu powiedziało o cząstce D ciała stałego, to samo okazać się może na innę iakiękolwiek jego cząstecę za linią AB lub AF będącą, wnieść więc należy, że całe ciało stałe obraca się około osi AF. i przeciwnie toż ciało musi się obracać, około osi swojej, gdy jego punkt którykolwiek obiega koło.

§. III.

Gdybyśmy iakie ciało stałe obracać się około osi AB przecięli płaszczyzną do nięć prostopadłą, przez którykolwiek punkt ięć C przechodzącą; cząstki ciała D i G na téjże płaszczyźnie znajdujący się i zarówno oddalone od punktu C, w równym czasie n. p. t, równe obiegają łuki DE, FN, w tym zaś samym czasie t, inna cząstka G, odległa od osi na CG, na téjże

Punkta
ciała obró-
cającego
się ma
niejednaką
prędkość.

Fig. 133.

też samę płaszczyznę co i tamte znaydując się, obieży łuk GH, który ma się do DF, jak CG: CD. Podobnież cząstka L tegoż ciała, za płaszczyzną CF będąc iednakie łuki z cząstką M w równym czasie obiegać będzie, gdzie linia LM jest prostopadła do płaszczyzny CF. Położwszy więc cząstki iakiękolwiek D, odległość od osi $CD = r$, łuk zaś DF, w danym czasie od tegoż punktu przebieżony $= a$, toż odległość IL punktu innego iakiękolwiek L, od osi, nazwawszy r , będzie łuk b , od niego w tymże czasie t przebieżony $= ra$.

§. IV.

Jeżeli więc w ciele stałym około osi niewzruszonęj obracającą się iedną którąkolwiek cząstką D, iednostaynie obraca się tak, iż łuk a , w każdym czasie t przebieżony jest zawsze w stosunku nieodmiennym $n:1$; inne też wszystkie cząstki tegoż ciała, iednostaynie obracać się muszą. Ponieważ bowiem łuk $b = ra$, $a = nt$, będzie $b = rnt$, przeto $b: t$ będzie też w stosunku stałym $rn:1$, bo się promień $r = LI$ nie odmięnia. A że biegów iednostaynych prędkości są w stosunku miayse w równym czasie przebieżonych, przeto ponieważ jest $a: b = 1: r$, będzie prędkość katowa ciała stałego to jest łuk a od cząstki iego D, odległy od osi na r , w przeciągu iedney sekundy przebieżony

Prędkość
katowa
(velocitas
angularis)
ciała obra-
cającego
się.

bie-

biegiem iednostaynym $= \frac{b}{t}$ to jest: równą prędko ci innego iakiękolwiek punktu L, rozdzielonę przez r , odległość tegoż punktu od osi. Majac więc znaną prędkość katową iakiękolwiek cząstki ciała, można iedzie wynaléźć prędkość katową innę cząstki, byleby odległość iey od osi była wiadomą.

§. V.

Każde ciało stałe biegać albo postępuie, albo obracać się, albo razem i postępuie i obracać się, bieg więc wszelki zewnętrzny, to jest taki, iaki w ciele stałym znaydować się może, albo jest biegiem postępnym, albo biegiem obrotu, albo nakoniec biegiem z tych obydwóch złożonym. Bieg wewnętrzny ma tylko miayse w ciałach tych, w których odległości punktów odmięniać się mogą z przyczyny biegu, iakiemi są ciała płynne, albioli też złożone z wielu części oddzielnych, chociaż stałych, iakiemi są rozmaite silnie. Os około której ciało stałe obracać się, bydz może albo nieruchomą, iak w kołach młyńskich albo ruchomą, iak w kołach wozowych. Os nieruchomą jest albo stała, to jest, zawsze sama sobie równoległa, albo niestała, czyli położenie swoje ustawnie odmięniająca. Ciało, bowiem stałe zezawszy się obracać około iakię osi, może ją ustawnie odmięniać.

Rozgatu-
kowanie
biegów i
osi.

§. VI.

§. VI.

Sila
wśrzo-
dpędna (vis
centri-
peta).

Każdą cząstką ciała około osi swojej obracającego się, biegłaby raz wraz siłą bezwładności po linii prostej, gdyby siła spójności (*coherentiae*) bezprzestannie nie pociągała ię do osi (Xię. I. Roz. III. §. 2.). Gdyby więc w którémkolwiek miejscu czyli punkcie siła ta spójności działać przestała, tedy w tym samym punkcie cząstka ta odeszłaby w kierunku styczny do punktu obwodu, czyli drogi swojej (Xię. I. Roz. VI. §. 11.). Ze zaś taka cząstka opisuje koło, którego srzodek przypada w przecięciu osi z płaszczyzną tegoż koła (2.); stąd jasno okazuje się, że cząstka ta będąc spoioną z resztą ciała pociągana jest do srzodka pewną jakąś siłą, tak jak n. p. kamień w procy pociągany jest od ręki, którą też procy obraca, kierunek téj siły zawsze dąży do srzodka tego koła; i dla tego ona nazywa się siłą wśrzo dpędna (*vis centripeta*). Siła ta zawsze odmięnia kierunek punktu, nie odmięniając prędkości (Xię. II. Roz. IV. §. 3.) punkt więc ten w kole swoim bezprzestannie iednostaynie obracać się musi, chybaby inna iaka przyczyna bieg ten odmięniała

§. VII.

Punkt więc obracający się ciągniony jest do srzodka częścią siły spójności, spoy-

spójność więc ciał zawsze się osłabia przez ich obracanie się; o czém samé doświadczenia przekonywają. Tak n. p. gdy siła wśrzo dpędna wyrównywa szóstę częśći całej siły spójności, spójność też osłabia się szóstą częścią w czasie obrotu, i właśnie tak się tu dzieje, jak gdyby punkt obracający się ciągnął nie, którą go ze srzodkiem łączy siłą wyrównyującą szóstę częśći spójności. Siła ta punktu obracającego się, nazywa się siłą odśrzo dpędna, która zawsze jest równa i wprost przeciwna sile wśrzo dpędnej: bo każde dział nie, ma zawsze równy sobie, a wprost przeciwny odpór, (Xię. III. Roz. II. §. 2.). I tak nitka którą ciężar iaki ciągniemy, jeżeli nie dość jest mocna, zerwie się, z przyczyny odporu ciężaru; podobnież urwałaby się ta nitka siłą odśrzo dpędna ciała obracającego się zbytnią prędkością, stąd się okazuje, iż siła odśrzo dpędna, nie tylko zawsze jest równa sile wśrzo dpędnej, ale téż kierunek ię zawsze przypada napłaszczynie koła, na którym się punkt obraca, i od srzodka prostopadle dąży ku obwodowi tegoż koła,

§. VIII.

Siła wśrzo dpędna kierunek swój ustawicznie odmięnia, i przeto nie może być zawsze iednostayna. Zebyśmy więc ię wielkość w daném miejscu A dokładnie ozna-

śrzo dpęd-
na (vis
centrifuga).

Jak się o-
znacza

wielkość
siły
wszrod-
pędnej.

Fig. 135

oznaczili, przypuścmy, że ona od tego miejsca przez nieaki czas jest iednostayna, to jest, że linija AC. taką prędkością, iaką ma punkt obracający się w A, w kierunku styczney AD iednostaynie i równolegle samęysobie postępuje, punkt zaś A, który hierzemy tu za bezieżki, i żadney przeszkody ani z przyczyny tarcia, ani z przyczyny oporu powietrza i t. d. w biegu swoim nie doznający, samą tylko siłą wszrodpędną działającą iednostaynie w kierunku AC po téżże linii prostey spada. W takowym razie dany punkt określi linią AF, która że będzie równorzutną, łatwo się przekonać można (Xig. I. Roz. VI. §. 8.). Linije bowiem BE, DF do linii AC równoległe zawsze będą w stosunku kwadratowym czasów strawionych na ich przebieżeniu w spadku; ponieważ siła wszrodpędna brała się za iednostayną, a stad biegi od nię sprawione, sa biegami iednostaynie przyśpieszonymi (Xig. II. Roz. I. §. 2.). Gdy więc bieg drugi przy AD, jest także iednostayny, więc też będą się miały miejsca AB, AD, iak czasy, a zatem $DF:BE = AD^2:AB^2$.

§. IX.

Dalszy
ciąg.

Jeżeli więc jest $AD^2 = p \cdot DF$, będzie też $AB^2 = p \cdot BE$, a tém samym p bydz musi linija stała, która z linijami BE, DF i t. d. równoległemi do linii AC czyni prostokąty równe kwadratům z linii AB AD, i t. d.

zro-

zrobionym. Poprowadźmy linije ME, IF równoległe do styczney AD, przecinając koło w punktach N i f, a będzie $IF^2 = AI \cdot IH$; $MN^2 = AM \cdot MH$, gdzie AH bierze się za średnicę koła danego. Przeto $IF^2 = p \cdot AI$ a zaś $IF^2 = IH \cdot AI$, $IF^2:IF^2 = AI:(p-IH)$; które to zrównanie wszędzie ma miejsce byleby linija DF biegiem równoległym do AC zbliżała się. Albowiem jest też $ME^2 = MN^2 = AM(p-MH)$. Im zaś linija DF bardzięysię zbliża do AC, tém téż różnica między IF, If, iako téż między IH, AH mnieyszą się staie. Jeżeli więc odległość AD jest nieskończenie mała, będzie $IF^2 = IF^2 = 0$, stad $IH = AH$, a przeto $p - AH = 0$, czyli $p = AH$. to jest ilość stała p powinabydz w powszechności $= AH$. a przeto $IF^2 = AH \cdot AI$. Położywszy więc $IF = AC = \frac{1}{2} AH$; będzie $\frac{1}{4} AH$ czyli $\frac{1}{2} AC = AI = DF$, przeto $AC = 2DF$. Prędkość więc siły wszrodpędnej w czasie t sprawiona, którą punkt bieżący z A przychodzi na F zupełnie równa jest na tén czas prędkości, którą się obraca w punkcie A; bo że bieg od rzeczonęysię siły wszrodpędnej sprawiony jest iednostaynie przyśpieszony, prędkość więc tego po wypełnionym czasie t, taka będzie, iż w tymże czasie przebieźby mógł miejsce $2DF = AC = AD$, które też w czasie t, prędkością obrotu iednostaynie się przebiega. Jeżeli więc punkt obracający się przypuszcza się bydz ciężki, linija

linia zaś DF taka, iż tenże punkt wo'nym spadkiem w czasie t , przebieść ją może, tedy ciężar punktu G, będzie równy sile wśrzedpędnej v ; i na ten czas DF jest wysokością a odpowiadającą prędkości obrotu c , bo punkt spadłszy przez DF w czasie t , nabytą prędkością w tymże czasie jednostajnie przebieśćby mógł miejsce $2DF = AD$, lecz jeżeli miejsce DF siłą jednostajną v w czasie t , przebieżone większe albo mniejsze jest od wysokości a odpowiadającej prędkości c , tedy siły jednostajne v i g będą w stosunku prędkości, jakie będą w czasie t , (XIę. II. Roz. I. §. 12.) czyli w stosunku miejsc $2DF$ i $2a$, które temiż prędkościami w tymże samym czasie t byż mogą przebieżone. Przeto ogólnie mówiąc jest $v: g = 2DF: 2a = AC: 2a$; skąd się pokazuje, że siła wśrzedpędna wszędzie w kole AFH równy jest wielkości: bo też prędkość punktu koło opisującego siłą tą nie może się odmięniać, a tém samém wysokość A jest stała (6.).

§. X.

Ruch wahadła ciężkich (pendulum).
Kulka zawieszona na nitce pionowej CD, uwiązanej na gwoździu C, podniesiona aż do A czyli do linii poziomej AB, która linią pionową CD rozdziela na dwie $CB = BD$, kulka ta mówię spadłszy z punktu A na D przez wysokość $\frac{1}{2}$ CD
Fig. 136. dwa razy większą siłą ciągnie nie w D a ni-

a niżeliby ciągnęła, spokojnie wisząc. W tym bowiem razie nie tylko ciągniona jest ciężarem kulki, lecz i siłą odśrzedpędną w kierunku CD, siła zaś odśrzedpędna kulki w punkcie D, gdzie ię prędkość odpowiada wysokości $\frac{1}{2}$ CD, wyrównywa ciężarowi kulki (§. 7. 9.). Gdybyśmy zaś nici, na której punkt ciężki wisi, zamiast położenia pionowego AC dali położenie jakiekolwiek ukośne AD, i potem tenże punkt w D popchnęli w kierunku prostym do płaszczyzny pionowej ADC, tém uderzeniem opisze on koło poziome DBHD około punktu C, Fig. 137. obiegając to koło nie wraca się do punktu C, a tak nie obracać się będzie po powierzchni ostrokągu prostego (conus). Przeciagniemy bowiem podług upodobania promień CD aż do E, poprowadźmy pionową DF prostą do D, E, i niech ma się DE, do DF, iak siła punktu odśrzedpędna obrotom sprawiona, ma się do ciężaru teyże kulki. Ponieważ obydwie linie mają kierunek sił swoich, i obydwie razem siły działają na tenże punkt, wykreśliwszy równoległobok DEGF łatwo widzieć można, że punkt, o którym mowa, ciągniony jest siłą DG a przeto on, gdy przekątnia ta jest tylko przedłużeniem linii AD nie może ani wrócić się ku C ciężarem swoim, ani też siłą odśrzedpędną, bardziey od tegoż punktu C oddalić się, lecz jednostaj-

stainie musi bież po kole poziomym o koło C, ponieważ siła DG niszczy się od gwoźdźnia w punkcie A; co właśnie *Hugeniusz* okazał, dowodząc do zegarów użyć można wahadeł nie kołyszących się, lecz powierzchnią ostrokągu iednostaynie wykreślających.

§. XI.

Stosunek
sił wsrod-
pędnych
w tym
przypadku,
gdzie wię-
cący pun-
któw obra-
ca się oko-
ło iednego
środku.

Fig. 135.

Dáymy, że punkt A mający miąższość m, ciężar g, prędkość e, odpowiadająca wysokości a: znowu punkt I, mający miąższość n, ciężar g', prędkość k, odpowiadająca wysokości a, około tegoż samego środka C wykreślając koła na tablicy poziomej tak, żeby bieg ich ciężkości, ani tarcie, ani inną jakąkolwiek przyczyną zewnętrzną nie był przeszkadzany, w takowem zdarzeniu siła wsrodopędna v, punktu A, mieć się będzie do iego ciężaru g, iak za: AC, oraz siła wsrodopędna f, punktu I mieć się będzie do iego ciężaru g' = za': IC (§. 9.). Przeto $vg': fg = a$.

IC: a. AC, i $v:f = \frac{ag}{AC} : \frac{a'g'}{IC}$. A że iest a'

a' = c² k² i znowu m:n = g:g'. Zatem

$v:f = \frac{mc^2}{AC} : \frac{nk^2}{IC}$, i ta proporcya stoso-

wnie do przypuszczenia powyższego ma miejsce, chociażbyśmy punkta A, I. brali za bezciężkie. Jeżeli zaś czas obieżny (*tempus periodicum*) to iest czas, w którym

całe

całe koło raz przebieżone od punktu A, nazwiemy T, czas zaś w którym punkt I koło całe przebiega, oznaczmy przez t, tedy (ponieważ biegi w kołach są iednostayne) (§. 6.) będzie c: k: iak koło większe podzielone przez T, do koła mniejszego podzielonego przez t, że zaś koła są w stosunku swoich promieni, będzie więc $c:k = \frac{AC}{T} : \frac{IC}{t}$. Stąd $v:f =$

$\frac{m.AC}{T^2} : \frac{n.IC}{t^2}$. Jeżeli więc obydwie te

punkta znajdują się na iednejże linii nieuginałaczej się AC a przeto jeżeli obydwie w jednymże czasie koła swoje wykreślają, tedy będzie $T=t$, i $v:f = m.AC:n.IC$. Siły więc odsrzodpędne tych punktów będą wtedy równe, kiedy ich miąższości mieć się będą w stosunku odwrotnym ichże odległości od środka; jeżeli bowiem iest m:n = IC:AC tedy będzie m.AC = n.IC, a przeto $v=f$.

§. XII.

Dopiero odkryty stosunek sił odsrzodpędnych objaśnić się może rozmaitemi doświadczczeniami. Na tén koniec weźmy płaszczyznę okrągłą n. p. talérz AH na podstawie tak osadzoną, żeby mogła poziomie obracać się z łatwością około swojego środka C. Na końcach iakiékolwiek iey średnicy AH, przyprawmy słupki

B b

pie-

Doświad-
czczeniá ty-
czące się
siły od-
srszodpęd-
ney.

Fig. 138.

pionowo równé AB, HG, i do ich końców B, G, przymocujemy drót poziomy BG, na którym znajduje się nawleczona kulka D szrodkiem wydrążona tak, żeby wolnie tam i sam posuwać się mogła. To mając, jeżeli ustawimy kulkę nie po nad szrodkiem C lecz cokolwiek obok iego, i zaczniemy obracać płaszczyznę AH, postrzeżemy, iż taż kulka odchodząc będzie od szrodka swoją bezwładnością, jako ku niemu od żadney siły nie pociągana. Ale jeżeli linią AH poczynając od szrodka C, podzielimy z obydwóch stron na ilekolwiek części równych 1, 2, 3, i t. d. i na drót BG nawleczemy inną kulkę F równéy miąższości z pierwszą, oraz połączymy je nitką lub łańcuszkiem dobrze wyciągnionym, tak żeby odległości ich od szrodka C były jednakić: obracając nawet iak nąprzód płaszczyznę AH, obydwie te kulki będą w spoczynku, byleby one żadnego przy tém uderzenia nie poniosły. Gdybyśmy zaś iedną z tych kulek posunęli pomiędzy 1, i 2, drugą pomiędzy 1 i C, na tén czas tamta będzie odchodziła od szrodka, i tę z sobą pociągać podczas obrotu płaszczyzny okrągłej. W ogólności zaś powiedzieć trzeba, że kulki w podobném zdarzeniu zostają w spoczynku, jeżeli ich miąższości są w stosunku odwrotnym onychże odległości od szrodka; jeżeli zaś nie zachodzi stosunek tén, w ten czas za-

wsze

wsze iedną drugą pociągą, gdyż siły odszrodpedné kulek w pierwszym razie są równé, w drugim nie równé.

§. XIII.

Gdybyśmy zamiast kulek użytych w poprzedzających doświadczeniach, użyli rurki EG ukośnie przyprawionéy do płaszczyzny pozioméy talérza, i do niéy wrzucili kawałki ołowiu lub czego innégo, zatkawszy tę rurkę, obracając chyżo talérz, kawałki ołowiu wznosić się zaczęły do góry. W tym bowiem razie ciała té iakoby po płaszczyźnie pochyléy częścią pewną ciężaru swego na dół są nagłone ku GE (Xię. II. Roz. I. §. 2.) i ta to iedynie siła pociągą ić do szrodka: dopóki talérz zwolna się obraca, wydobywa ona utrzymać ciała rzeczóné na miejscu, lecz iak tylko ciężkość obrotu powiększa się, i siła odszrodpedná ią przewyższać poczyną (gdyż siła ta pomnaża się w stosunku kwadratowym prędkości) natychmiast ciała będącé w rurce, podnoszą się do góry tą częścią siły swoiéy odszrodpednéy, którą przewyższają siłę ku C naglącą. Gdybyśmy zaś do téżé rurki EG wlały płyny różnéy gęstości, iako to wodę, oliwę i t. d. inad to ieszcze wrzucili kawałki ołowiu, obracając chyżo talérz, postrzeżemy, że cząstki ołowiu, mając większą gęstość, większy nabywają siły odszrodpednéy w jednakićy od szrodka odległości,

Inné doświadczenie.

Fig. 139.

Bb2

a nie

a niżeli cząstki oliwy lub wody, (§. 2.) i dla tego ołów przez obydwa płyny wznosi się w rurce, i obéymuie górne miejsce. Dla téż przyczyny i woda wznosi się nad oliwę, oliwa zaś najniżey zostaje. Ciała więc różney gęstości pomieszane z sobą, mogą przez takowy iak się powie- działo obrót, łatwo być oddzielone. Po- dobnież się dzieie w silni, za pomocą któ- réy zboże wyczyszcza się z plew i lekkich kłakolu nasion. Jeżeli zaś w kulkę szklan- ną wewnątrz wydrążoną około osi pozio- méy mogącą się obracać wleciemy wodę wraz z proszkiem ołowiu, obracając tęż kulę, postrzeżemy, że proszek przylégać będzie do szkła, czyniąc iakoby prążki iak- kie, woda zaś niżey ołowiu układać się będzie w kształt kuli wydrążonéy a po- wietrzę resztę próżnégo miejsca napełni.

§. XIV.

Dámy, że dwa punkta bezciężkie li- nią tęgą połączone, mając miąższości A i B obracają się na iednéy zawsze płaszcz- yźnie około punktu C, który to punkt byłby szrodkiem ich ciężkości, gdybyśmy ié bra- li za ciężkie, w takowym obrocie szrodek C będzie nieruchomy; gdyż mnogości wypadające z miąższości A i B i ich od- ległości od punktu C są równe, (Xię. II. Roz. II. §. 12.) a tém samém i siły odszrod- pędne są równe (§. 11.). Więc punkt

C, będąc równie ciagniony w strony prze- ciwné

ciwné ku A i ku B, z miejsca swego byđż ruszonym nie może, chociaż z siebie iest ruchomy przez takowy obrót. Podobnie dziać się będzie z linią prostą fizyczną, to iest taką, której każdy punkt miałby pewną miąższość: zbiory wąg (*summae momentorum*) a przeto i zbiory sił odszrod- pędnych po obu stronach będąc iednakié, nie dozwolą szrodkowi C, chociaż z siebie ruchomemu uchodzić z miejsca, byleby taż linią na iednéy zawsze obracała się płaszczynie: przeciwnie zaś działoby się, gdyby się taż linią nie około szrodka C, lecz innégo iakiego punktu H obracała. Gdybyśmy zaś linią fizyczną FG nie na płaszczynie, lecz po ostrokregu około osi DE, przez szrodek iéy ciężkości C przechodzącą obracali, i w tym razie także zbiory wąg i sił odszrod pędnych z oby- dwoch stron będąc iednakié, utrzymywać będą szrodek C w spoczynku: lecz ponie- waż siły odszrod pędne mająć kierunki za- wsze prostopadłe do osi DE, odciągają od téż osi linią FG po wszystkich iéy pun- ktach G, F, i t. d, dla tego taż linią obra- cając się co raz bardziéy od osi się oddala, aż poki kąt DCG, lub FCE nie stanie się pro- stym; po czém żadna więcéy odmiana obrotu miejsca nie ma.

§. XV.

Osią wolną nazywamy tę oś, której ani podpięrać, ani przytrzymywać nie po- Oś wolną
trze.

Szrodek
ciężkości
linii, któ-
rá się o-
braca o-
koło nie-
go, przez
ten obrót
z miejsca
się swoje-
go nie ru-
sza.

Fig. 140.

śrządek
miałszo-
ści.

trzeba, ażeby ciało bezieżki nie doznajac ani tarcia, ani oporu powietrza, lub innę iakię przeszkody mogło się około nię iednostaynie obracać. Os takowa zawsze przechodzi przez ow punkt ciała, któryby był śrządkiem tego ciężkości, gdyby ono miało iakikolwiek ciężar, ten zaś sam punkt nazywa się śrządkiem miałszości, gdy ciało bierze się za bezieżki. Przetniemy bowiem ciało obracając się około osi wolny płaszczyznę prostopadłą przez tę os przechodzącą, a w takim razie wszystkie cząstki na tęż płaszczyźnie znajdujące się w kierunkach do osi prostopadłych, a zatem do siebie równoległych, siłami swemi odśrządpnymi tak będą na się wzajem działać, iak gdyby zewsząd os ciągnęły (§. 14.). A że os w tym razie spoczywa, wnieść więc należy, iż zbior sił odśrządpnych z jednéj strony osi równy bydz musi zbiorowi sił z drugiéj strony. Miał się zaś siły odśrządpne rzeczonych cząstek ezyli punktów tak, iak by się miały wagi (momenta) ich, gdyby były ciężkiemi (II. Xię. II. Roz. II. 12.), przeto zbior węg, punktów ciała z obu stron osi, na każdéj płaszczyźnie przez os przechodzący bydz muszą równé. Os więc przechodzi przez śrządek miałszości ciała (Xię. II. Roz. III. 1.). Są także i wagi sił odśrządpnych na osi wolny równé

wzglę-

względem śrządku miałszości. Każdy bowiem punkt ciała za osią leżacy, siłą odśrządpną naglony jest, iakoby ciężarkiem do osi przywiązanym, a zatem leżeli na osi iakię przez srządek miałszości ciała przechodzący zbiór węg tych ciężarków z jednéj strony śrządku, nie wyrównywa zbiorowi węg z drugiéj strony, os około śrządku obracać się będzie, i nie może zostać w spoczynku, chociaż srządek spoczywa. Ze zaś os wolna nieruchoma jest względem śrządku miałszości, idzie zatem, że zbior węg sił odśrządpnych z obydwóch stron osi są sobie równé.

§. XVI.

Chcąc się dokładnię w tęg mierze objaśnić, przypuścmy, iż mamy sobie danę cztery punkta iakikolwiek bezieżki, którychby były miałszości A, B, D, E, mocno z sobą połączone, dajmy i to, że tęg punkta obracają się około iakięj osi IF przez srządek C ich miałszości przechodzący. Poprowadźmy linie CA, CB, CD, CE, iako tęg AH, BI, DG, EF do osi prostopadłe, będzie B. BC = D. DC, i A. AC = E. EC, przeto B. BI = D. DG, i A. AH = E. EF, gdyż C jest śrządkiem ciężkości. Ze zaś siła odśrządpna miałszości B, jest iak B. BI, i siła odśrządpna miałszości E, iak E. FE; obie zaś iakoby pociągane są od osi w kierunku iednakim ku B, lub E, os więc ta będzie

Jakby ma-
żna ozna-
czyć os
wolną, ma-
jąc dany
układ
czterech
iakichkol-
wiek pun-
któw.

Fig. 141.

niby

niiby dzwignią pierwszego rodzaju (*uectis heterodromus*) na który w takowym kierunku ciężary B. BI i E. FE działają. Jeżeli więc punkt C jest nieruchomy, wytrzyma on siłę B. BI + E. FE, a zatem takiej siły potrzeba, któraby go utrzymywała. A że z drugiej też strony osi ku A lub D równa pociąga go siła A. AH + D. DG = B. BI + E. FE; przeto środek miąższości C zarówno pociągany jest ku L iak ku M. a zatem zostaje w równy wadze, i nie może uchodzić z miejsca, chociaż nie jest wstrzymywany, upadź też nie może, iako wzięty za beczkę.

§. XVII.

Dalszy
ciąg.

Ala nie każda oś jest wolna, którą przez środek miąższości C przechodzi. Może bowiem drag ciężarami obciążony mieć iaki punkt stały, a jednakże nie byź w równowadze, lecz około niego obracać się. W tym więc razie oś obrotu punktów A, B, D, E, nie zostanie w spoczynku, jeżeli siły odśrodkopędne około C nie są w równowadze. Ze zaś każdą takową siłę można brać za ciężarek, i oś za drag, będzie waga siły odśrodkopędnej A. AH na osi IF = A. AH. CH, waga siły B. BI = B. BI. CI, i t. d. (XIę. II. Roz. II. 12.). Lecz siły w B i D pociągają linią prostą CI ku B, siły zaś w A i E pociągają ją ku A, czyli raczcy punkta A, B, D, E, siłami swemi odśrodkopędnymi, tak na się wzajem działają, iak gdyby

gdyby ciągnęły linią CI, przeto zbiór wag: A. AH. CH. + E. EF. CF byź powinién równy zbiorowi wag B. BI. CI. + D. DG. CG, ażeby oś była w równy wadze. Jeżeli więc kąt $ICB = FCD = r$, i kąt $ACH = FCE = n$ będzie BI = BC. Wsta. r, CI = BC. Dosta. r, AH = AC. Wsta. n, i CH = AC. Dosta. n. Przeto jeżeli oś IF jest wolna, będzie B. BC.² Wsta. r. Dosta. r. + D. DC.² Wsta. r. Dosta. r = A. AC.² Wsta. n. Dost. n + E. EC. Wsta. n. Dost. n. Stąd B. BC. DB. Wst. r. Dost. r = A. AC. AE. Wst. n. Dost. n (16.); a że wiemy z Trygonometrii że Wst. 2r = 2 Wst. r. Dost. r; toż Wst. 2n = 2 Wst. n. Dost. n. Przeto B. BC. BD. Wsta. 2r = A. AC. AE. Wsta. 2n. Jeżeli zaś kąt ACB = a jest stały, będzie zatem Wsta. 2n = Wsta. (2a - 2r) = Wsta. 2a. Dost. 2r - Wst. 2r. Dost. 2a. Jeżeli więc jest Wsta. 2n: Wsta. 2r = p: 1, będzie p. Wsta. 2r = Wsta. 2a. Dost. 2r - Wsta. 2r. Dost. 2a; a przeto
$$p = \frac{\text{Wsta. } 2a}{\text{Sty. } 2r} - \text{Dost. } 2a, \text{ toż Sty. } 2r = \frac{\text{Wsta. } 2a}{p + \text{Dost. } 2a}.$$
 Miał więc dany stósunek stały B. BC. BD: A. AC. AE. który bierzemy za = p: 1, jeżeli kąt stały a, przez linią IF tak rozdzielimy na dwie części

części r, n, żeby była $\text{Sty. } 2r = \frac{\text{Wsta. } 2a}{p + \text{Dost. } 2a}$,
 będzie IF osią wolną. Jest bowiem na ten
 czas $\text{Wsta. } 2n: \text{Wsta. } 2r = p: 1$, przeto B.
 BC. BD. $\text{Wsta. } 2r = A. AC. AE. \text{Wsta. } 2n$.

§. XVIII.

Każdy układ czterech punktów na dwie osi wolne.
 Układ więc każdy czterech punktów
 mocno z sobą spoionych, ma jakąś oś wol-
 ną IF, bokąt ACB zawsze tak się rozdzie-
 lić może na dwa kąty n, i r, iżby była
 $\text{Wsta. } 2n: \text{Wsta. } 2r$ w stosunku danym p: 1.
 Łatwo też okazać można, że linia ON,
 prostopadła do IF przez środek miąższo-
 ści C przechodząca, jest osią wolną tychże
 punktów. Poprowadziwszy bowiem AL,
 BM, EN, DO, do osi ON prostopadłe, a tём
 samém do osi IF równoległe, będzie waga
 siły odśrodkowej w A, względem osi
 ON, = A. AL. CL. = A. CH. AH, waga
 siły punktu B = B. BM. CM, = B. BI. CI,
 waga siły punktu D = D. DO. CO. = D.
 DG. CG, i waga siły punktu E = E. EN.
 CN = E. CF. EF. A że A. AH. CH + E.
 EF. CF = B. BI. CI. + D. DG. CG (17.).
 Zatem wagi sił odśrodkowych punktów
 A, B, D, E, z obu stron osi NO są równe, oś
 więc ta jest osią wolną.

§. XIX.

Każde ciało stałe.
 Gdy ciało stałe poczyną się obracać oko-
 ło iakięj osi przechodzącej przez środek
 jego miąższości nieruchomej, a oś za
 środ-

środkiem nie jest przytrzymywana, w ta-
 kim razie obracając ciało dané taż oś, albo
 zupełnie zostaje niewzruszona, a przeto
 jest wolną, albowi téż względem środka
 miąższości położenie swoje odmiénia. Je-
 żeli odmiénia, przetniemy ciało płaszczy-
 zną przechodzącą przez oś i kierunek,
 w którym oś iakoby obracać się poczyną,
 a tak kierunek średni wszystkich sił od-
 środkowych znajdować się będzie na
 płaszczyźnie téj, na której się oś obracać
 poczyną. Niech więc IB wyraża kierunek
 średni wszystkich sił odśrodkowych po
 nad C, z jednéj strony osi znajdujących
 się, FE zaś pod C, niech HA wyraża kie-
 runek średni z drugiey strony osi nad C,
 a zaś GD pod C, to jest wszystkie siły od-
 środkowe z obu stron osi, tak nad, iak
 i pod środkiem miąższości C będąc ra-
 zém zebrane, niech będą równe siłóm
 odśrodkowym punktów A, B, D, E.
 Przetniemy kąt ACB = a tak, iżeby była

$$\text{Sty. } 2. \text{ ICB} = \frac{\text{Wsta. } 2a}{p + \text{Dost. } 2a}, \text{ gdzie } p: 1 \text{ wy-}$$

raża stosunek B. BC. BD: A. AC. AE, linia
 rozcinająca kąt ACB, będzie w tym razie
 osią wolną ciała (17.). Poprowadzi-
 wszy zaś na téjże saméj płaszczyźnie li-
 nią prostopadłą do téj osi, i ta także pro-
 stopadła będzie osią wolną tegoż ciała
 (18.). A jeżeli jeszcze ciało dané prze-
 tnjemy płaszczyzną przechodzącą przez
 tę

najmniejszą
 trzy osi
 wolne.

te osi drugą, a prostopadłą do osi pierwszej, podobnie okazać można, że i na téj płaszczyźnie dwie się znajdują osi wolne do siebie prostopadłe; przeto każde ciało stałe nąymniéy ma trzy osi wolne: więcej zaś takich ciał znajduje się, które mają więcej niżeli trzy osi wolne. I tak kuli jednorodnéy statéy, każda szrednica jest osią wolną; ponieważ z obu stron każdej szrednicy, w równéy od szrodka i szrednicy odległości zawsze się znajdują punkta równé, których więc i siły odśrzedopędne i wagi sił są sobie równé.

§. XX.

Gdyby ciało jakie stałe jednorodné, tak miało kształt, jaki z obrotu danéy figury H L F około podstawy prostéy i nieruchoméy HF powstać mógł, linia ta będzie osią wolną ciała, przechodzącą przez C szrodek iego miąższości. W takowym bowiem razie z dwóch którychkolwiek punktów A i E danych, około C równo się wających poprowadziwszy linie AB, ED prostopadłe do osi tak, żeby było $IB = IA$, $DG = GE$; inné dwa równé będą punkta B i D w témże ciełe, także między sobą równoważące około C, których to punktów zbiór wag sił odśrzedopędnych B. BI. CI + D. DG. CG. = B. BI. IG. równa się zbiorowi wag sił odśrzedopędnych w punktach danych. A. AI. CI + E. EG. CG = A. AI. IG. Wtedy więc

jest

jest A. AI. = B. BI; D. DG = E. EG to jest osi wolną przechodzi przez szrodki ciężkości I, G punktów A, B, i D, E. A zatem czy to H L F linia krzywa jest kołową, czyli taka, której promienie CH, CL są nierówne, zawsze wszelako linia HF będzie osią wolną ciała statego opisanego obrotém figury HFL około HF. Ponieważ więc ziemia jest kulistą (Wstęp I. c.) i bierze się za jednorodną, i ma kształt taki, jaki z obrotu którégokolwiek południka HLF około iéy osi utworzyć się może, pomimo tego, że połowa iéy osi jest nie co mnieyszą od promienia równika (jak się niżej okaże) osi ta HF jest osią wolną ziemi; i owszém każda szrednica równika jest osią wolną, byłaby półkula ziemską południową była zupełnie równa i podobna północnéy. Na ten czas bowiem kształt ziemi wykreślić się może obrotém półkola południka, które to półkolé od równika porzynając się i na nim się kończąc, około szrednicy iakiéys te goż równika obraca się.

§. XXI.

Pomiędzy równikiem i biegunami ziemi żadnéy osi nie masz wolnéy. Niech bowiem będzie MN takową osią przez szrodek ziemi C przechodzącą, przetniemy kulę ziemską płaszczyzną QR do MN prostopadłą, ponieważ każda linia prostopadła do osi MN, tak się przecina nad C,

Pomiędzy osiami wolnemi ziemi, iedna jest osi główna.

Fig. 143

C, iż jest $AI > IB$ zaś pod C tak że jest $GE > DG$. zbiór więc sił od szrodpędnych i ich wagi w stronie MCQ i RCN większy będzie od zbioru wag tychże sił w stronie MCR i QCN, przeto oś MN bardzięj jest pociągana od M ku L lub od N ku I a niżeli w stronę przeciwną; skoro więc kula HLFH obracać się poczyną około MN, oś ta nachyla się ku L, to jest: ięć cząstki obracać się natychmiast poczynają tak, iak i punkta strony MCQ obracają się. Przeto około iakięś osi OCP pomiędzy MN i HF obrót się poczyną i oś sama obrotu iakoby cofa się ku biegunom H i F, że zaś cofać się nie przestaje dopoki jest wolną czyli do poki nie pada na HF, kąt więc MCH ustawnie się zmniejsza, a na koniec zupełnie niknie. Zatem oś ziemi przechodząca przez bieguny jest główną pomiędzy wszystkiemi ięć osiami wolnemi. Gdyby bowiem ziemia poczęła obracać się około osi nie wolnej, oś ta przez sam obrót nieustanny zamieniłaby się na oś iaką wolną przez bieguny przechodzącą, nigdyby zaś nie przechodziła przez równik.

§. XXII.

Ziemia o-
bracać się
około osi
wolnej.

Ponieważ wszystkie ciała Niebieskie zdaia się obracać około osi HF, (wstę. XII. 10.) wnosi się więc że ziemia, jeżeli się obraca, obraca się około tęj osi HF;

HF; nie dziw więc, że obrot ięć zawsze jest jednostajny i że nie potrzeba żadnej siły, iżby ta oś będąc wolną, była utrzymywana. Gdyby zaś ciała niebieskie obracały się nie ziemia, na cożby oś ich obrotu razem bydź miała osią wolną ziemi? za cóż ta jedna oś ze wszystkich wolnych byłaby główną? czemużby ona nie przypadła pomiędzy średnicą ziemi najkrótszą HF i najdłuższą LI? czemużby na koniec ciężkość na powierzchni ziemi (iak wkrótce zobaczymy) ku biegunom rosła, a zmniejszała się ku równikowi? izaliż to nie jest nayoczywistszym znakiem, że ciężkość zmniejsza się siłami odszrodpędami, które to siły pod równikiem są największe a pod biegunami żadne? czyliż więc nie jest rzeczą pewną i nie zawodną, że sama kula ziemską, nie zaś ciała niebieskie obracają się.

R O Z D Z I A Ł II.

o tworzeniu się biegu kołowego.

§. I.

Ponieważ na jednémże miejscu ziemi wszystkie ciała w próżni równą prędkością wolnie spadają, a tém samém w równym czasie równych prędkości nabywają

Sily pier-
wiastkowe
i zbiorowe
czyli cięż-
i

ia nagłone ciężkością; wystawiwszy więc sobie, że wszystkie te ciała rozdzielone są na punkta najmniejsze fizyczne równé, siły któremi te punkta spadają muszą być między sobą równé, z przyczyny równych miazszości. Punkta te najmniejsze równé składające ciała, nazywają się ich pierwiastkami (*elementum*) siły zaś, któremi na dół są nagłone też punkta, nazywają się siłami pierwiastkowemi albo cząstkowemi (*vires elementares*) co stanowi ciężkość ciał: siła zaś w całym ciełe iakiem, bieg postępný rodząca nazywa się siłą zbiorową czyli całkowitą, (*vis totalis*) takimi całkowitemi siłami są ciężary ciał. Jeżeli więc ciało iakié składa się z pierwiastków M , a każdy z nich nagłony jest siłą iednostayną pierwiastkową g w jednymże kierunku, tedy bieg postępný w tym kierunku utworzy się w ciełe siłą całkowitą Mg . A że M będąc liczbą pierwiastków ciała wyraża iego tém samém i miazszość, która tém większa zawsze jest, im większa jest liczba pierwiastków, przeto przez też miazszość rozdzieliwszy siłę zbiorową ciała, otrzymamy siłę pierwiastkową. Dajmy, że siła iednostayna V , w miazszości M , czasie T , rodzi bieg postępný prędkości C , niech oraz v wyraża inną siłę iednostayną, która w miazszości m , czasie t , rodzi bieg postępný prędkości c , będzie

dzie więc V : $v = \frac{MC}{T} : \frac{mc}{t}$ (Xię. II. Roz.

I. 12.) Zatem siły pierwiastkowe G , g , też biegi rodzące są w stosunku $\frac{V}{M} : \frac{g}{m}$

$= \frac{C}{T} : \frac{c}{t}$ albo położywszy $T = t$ będą w stosunku prędkości w jednymże czasie nabytych. Siły więc pierwiastkowe, mogą być równé między sobą, chociaż zbiorowe nie są równé, i przeciwnie. Bydź

bowiem może $\frac{MC}{T} = \frac{mc}{t}$ a iednak $\frac{C}{T} >$

$\frac{c}{t}$ i znowu $\frac{MC}{T} > \frac{mc}{t}$, a iednak $\frac{C}{T} =$

$\frac{c}{t}$ it. d.

§. II.

Lubo miazszości ciał z równych pierwiastków czyli proszków (*Atomus*) składają się, stąd iednak nie wypada, żeby ich wszystkie punkta fizyczne miały bydź równé między sobą albo równéy gęstości. Przekonywa nas różna ciężkość gatunkowa tychże ciał, że i nądrobniejszy ich cząsteczki zaledwie czulné różnią się iednakże między sobą, a przeto z wielu pierwiastków składają się, mają pewną miazszość i nie są pierwiastkami; Wystawiwszy sobie, że punkt takowy

Sily sty-
czne.

Fig. 144

cc

wy

wy A (Wstęp Roz. XV. 8.) na linii tę-
gię CA około punktu stałego C obraca
się, bieg takowy w istocie swojej będzie
biegiem postępnym, gdyż części jego nie
można rozróżnić, a nawet różność od-
ległości tych części od punktu stałego C,
a przeto i różność biegów ich nieskończe-
nie jest mała, to jest żadna. Punktów
więc tym sposobem obracających się mia-
ższosci bydl mogą równe, jednak ich bie-
gi zawsze są biegami postępnymi: siła zaś
punkt takowy A, około C naglająca, ieże-
li sama sobie zawsze równą zostaje i jest
Styczną (*tangentialis*) to jest: jeżeli w ka-
żdém miejscu A ma kierunek styczny
koła AB jest iednostayną, pomimo tego
że kierunek swój ustawnie odmiénia, po-
nieważ w tym razie odmiana kierunku nie
biegu nie gubi (Xię. II. Roz. IV. 3.); prze-
to bieg takową siłą przez łuk AB w cza-
sie t sprawiony, jest iednostaynie przy-
spieszony, i punkt A przy końcu czasu
t w miejscu B ma prędkość, którą w tym-
że czasie przebieđz może biegiem iedno-
staynym łuk 2AB (Xię. II. Roz. I. 12.
Xię. I. Roz. IV. 8.)

§. III.

Przypuściwszy, że dwa punkta bez-
ciężkie, około punktów stałych C i O
obracają się tak, iż naprzód w A i M
zostają w spoczynku, a potem równomi-
ernie przyspieszają, i w tym samym czasie
przebiegają łuki 2AB i 2MN, to w tym
czasie t punkty A i M będą w tym samym
miejscu B, a punkty C i O będą w tym
samym miejscu O.

Sily pier-
wiastko-
wey, któ-
ry punkt

siłami stycznymi w czasie t przebiegają
łuki AB, MN wymierzające kąty równe
ACB, MON będą siły pierwiastkowe na-
glać też punkta, iakieźkolwiek są ich
miałzszosci, będą w stósunku CA: OM. Bę-
dą bowiem miały przy końcu czasu t,
takie prędkości, któremi w równym cza-
sie iednostaynie przebieđz mogą 2 AB i
2MN (2) a przeto same prędkości w nich
sprawione będą w stósunku tymże AB:
MN = AC: MO, gdyż kąt C = O, w tym-
że samym stósunku są i siły pierwiast-
kowe. Taż sama prawda mieć ieszcze
będzie miejsce, chociażby punkta w A i
M nie spoczywały, lecz biegły w kierun-
ku stycznych do A i M byleby ich prę-
dkości początkowe były w tymże stósunku
AC: MO. W tym bowiem razie każdy
z tych punktów, przy końcu czasu t,
ma prędkość z dwóch innych złożoną: a
że w każdym z tych punktów prędkości
poiedyncze mają iednaki kierunek i są wje-
dnymże stósunku, więc i prędkości ich
złożone w tymże będą stósunku. Nazna-
czywszy więc siłę pierwiastkową cięż-
kości przez 1, wysokość wolnego spadku
ciała ciężkiego w przeciągu sekundy = g
przypuściwszy oraz, że siła pierwiastko-
wa styczna przy A równa się ciężkości,
i taż sama siła przy M = G, łuki zaś AB
i MN przebieżone są w czasie 1" z miej-
scy spoczynku: w takowém zdarzeniu bę-
dzie

iaki obrá-
ca się stó-
sunek do
ciężkości.

dzie łuk $AB = g$; $G:1 = MN:g$, punkt zaś M nabędzie w ten czas prędkości $2MN$ to jest takię, którą łuk $2MN$, w czasie $1''$ iednostaynie przebieść może. Prędkość więc kąto- k , który drąg OM w czasie $1''$ nabywá, $= \frac{2MN}{MO}$ (Roz. I. 4.)

przeto $G = \frac{MN}{g} = \frac{MO \cdot k}{2g} = \frac{rk}{2g}$, gdzie r wyrażá w ogólności odległość punktu M od punktu stałego.

§. IV.

Wachadła sekundo-
wé na róż-
nych
miejskach
ziemi, są
w stósun-
ku cięż-
kości pier-
wiastko-
wych tych
że miejsc.

Z tego, co poprzedziło, łatwo wyrozumieć można, że jeżeli na dwóch różnych miejscach ziemi dwa wachadła pojedyncze, nie równy długości, w jednakim zawsze czasie równé łuki przebiegają, siły ciężkości pierwiastkowe w tych miejscach są w stósunku długości wachadeł. Niech wachadło krótsze AC na iednym miejscu ziemi, i dłuższe MO na drugim, w równym czasie równo się wachają, opisują łuki czyli kąty ACB , MON ; niech oraz linie proste CB , ON , będą pionowe, podzielmy łuk AB na ilekolwiek części równych Aa , ab i t. d. i łuk MN na tyléż części równych Mm , mn , i t. d. Kąty ACa , MOm , będą między sobą równé, iako też i kąty aCb , mOn , i t. d. przeto kąty té w równych czasach są przebieżone. A że podziały takowe łuków,

tak

tak bydz mogą małe, iżby odmiana siły styczney od ciężkości pochodzić mogá-
ci, przez każdy takowy podział była nie-
skończeniema czyli żadną (Wstę. R. XXV
2.) przypuściwszy więc że podziały Aa ,
 ab , Mm , mn , i t. d. są w rzeczy saméy
tak drobnémi, siły pierwiastkowe będą
w stósunku $CA:OM$, gdyż punkta przez
podziały Aa Mm , nagłone są siłami sty-
cznemi i równemi w jednymże czasie. (3)
Że zaś w tymże stósunku będą i prędkości
nabyte; przeto ponieważ i łuki ab , mn ,
w równym czasie przebiegają się i prędko-
ści pierwiastkowe są w stósunku $CA:OM$,
siły pierwiastkowe styczne przez te łuki
będą w stósunku $CA:OM$. Toż samo mó-
wić o trzecim, czwartym podziale łuków
 AB i MN ; co przekonywá że siły pier-
wiastkowe ciężkości dwóch danyh miejsc
są w stósunku długości wachadeł. Po-
nieważ zaś na iednymże miejscu ziemi,
dwa pojedyncze wachadła iednakię dłu-
gości zawsze w równym czasie wacha-
nią swe odbywają, iakieżkolwiek są miąż-
szości punktów ich ciężkich, wnosi się
więc, że siła pierwiastkowa ciężkości, na
iednymże miejscu ziemi, taż sama jest
na każdá miąższość.

§. V.

Rycher w Roku 1672. pierwszy do-
świadczył, że siła pierwiastkowa ciężko-
ści w różnych miejscach ziemi różna jest. Siła pier-
wiastkowa
Wa-

Wachadło bowiem zegara, które w Paryżu każde wachanie odbywało w przeciągu sekundy, na Wyspie Kayenne pod szerokością północną $4^{\circ} 56'$, wachadło mówię to w 24 godzinach opoznało się $2' 28''$, do Paryża zaś powróciwszy, w tymże samym czasie, co przedtem wachania swoje odbywało; prawda, że to opóźnianie się wachadła, pochodziło po części z przedłużenia jego, z przyczyny większego stopnia ciepła przy równiku; z tem wszystkiem już Newton widocznie okazał, że dla téj iednój przyczyny tak wielką różnicą w ruchu wachadła żadną miarą pochodzić nie mogła. Jakoż poznierzy licznemi doświadczeniami przekonano się, że długości wachadeł pojedynczych sekundowych przy równych nawet stopniach ciepła idąc od równika ku biegunóm rosną; co pokazuje, że i siła pierwiastkowa ciężkości na powierzchni ziemi najmniejszą jest pod równikiem, a coraz większą ku biegunóm (4), co jest skutkiem sił odśrodkowych ziemi obracających się około osi swojej; o czémśmy wyżey powiedzieli (Roz. I. 24.)

§. VI.

Dámy, że dwa punkta, których miąższości A i B są bezieężkie, przytwierdzone do linii tegięy, bezieężkiey i bezmiaższy poczynają obracać się około punktu C, a to n.p. z przyczyny siły zbiorowey N pro-

O TWORZ. SIĘ BIEGU KOŁOWEGO 423

prostopadle uderzających linią CB w pewnym punkcie V; ponieważ w tym czasie obydwie takowe punkta w jednymże czasie tenże sam kąt przebiegają, będzie więc siła pierwiastkowa punktu A = $\frac{CA \cdot k}{2g}$, a zaś punktu B = $\frac{CB \cdot k}{2g}$, gdzie k

od po-
pchnięcia
obracają-
cę się.

Fig. 145.

wyraża prędkość kątową dźwigni CB (3). Zaczem siła zbiorowa, którą miąższość A obracać się jest = $\frac{A \cdot CA \cdot k}{2g}$ siła zaś zbiorowa

miąższości B = $\frac{B \cdot CB \cdot k}{2g}$ Siły té zbiorowe są iakoby ciężary, i na dźwigni

CB bydz powinny w równy wadze z siłą zbiorową N. Przeto $(A \cdot CA^2 + B \cdot CB^2) \frac{k}{2g} = N \cdot CV$, to jest: zbiór wąg sił przy

A i B równa się wadze siły N. Zatem prędkość kątową dźwigni $k = \frac{2g \cdot N \cdot CV}{A \cdot CA^2 + B \cdot CB^2}$

Ze zaś toż samo rozumowanie przystosować można do ilukolwiek innych miąższości na dźwigni znajdujących się, w ogólności więc powiedzieć należy, że prędkość kątową dźwigni dochodzi się, dzieląc wagę siły zbiorowey, uderzającej tę dźwignią, przez zbiór mnogości wypadających z każdej miąższości, przez kwadrat

drat ięć odległości od punktu stałego, i ten wieloraz mnożąc przez $2g$.

§. VII.

Odległość
szrodka
wachania
od szrodka
zawieszé-
nia w wa-
chadłach
składanych

Gdyby zaś dane dwa punkta na dźwigni CB miały miąższości A i B ciężkie, i ciężkością swoją obracały się około punktu stałego C, siły pierwiastkowe styczne pod każdym kątem uformowanym od dźwigni CB i linii pionowej w obydwóch tych punktach byłyby równe, a przeto w tymże samym czasie zrodziłaby się prędkość katowa dźwigni większa, gdyby sam tylko punkt A na nięć znajdował się, mniejsza zaś, gdyby tylko punkt B się znajdował. (3) A że oba punkta do iedneyże linii tęgicy są przytwierdzone, a stąd każdy z nich powinien mieć równą zawsze prędkość katową, przeto punkta te wzajem na się działają. Punkt ieden A opoznia się, drugi B przyspiesza się, przez co siła styczna pierwiastkowa punktu A zmniejsza się, punktu B powiększa się. Pomiedzy więc temi dwoma punktami jest iakieś miejsce V, gdzie dźwignia ani się przyspiesza, ani opoznia, lecz tak się wachá, iak gdyby sam tylko punkt iakis ciężki znajdował się, punktów zaś A i B iak gdyby nie było. Położmy więc, że siła pierwiastkowa styczna od ciężkości pochodząca, nagłaca punkt V, pod kątem danym od dźwigni CB i linii pionowej uformowanym, przypuścmy mówię, że ta siła $= 1$, a będzie prędkość katowa w dźwi-

w dźwigni sprawioná $k = \frac{2g}{cr}$, siła zaś

pierwiastkową zmniejszoná punktu A $= \frac{CA \cdot k}{2g} = \frac{CA}{CV}$, powiększoná zaś siła pier-

wiastkową punktu B $= \frac{CB \cdot k}{2g} = \frac{CB}{CV}$. Gdy-

by zaś miąższości A i B były bezciężkie a punkt dźwigni tęgicy V był zawsze uderzany prostopadle siłą zbiorową N, tedy miąższości te temiz samými siłami pierwiastkowými, które mają, będąc ciężkiemi, byłyby nagłone i cała dźwignia nabyłaby téż samę prędkość katowę k, gdyby było $(A \cdot CA^2 + B \cdot CB^2) \frac{k}{2g} = N \cdot CV$.

(6) $= \frac{A \cdot CA^2 + B \cdot CB^2}{CV}$, a stąd $N \cdot CV^2 =$

$A \cdot CA^2 + B \cdot CB^2$. A że siła zbiorową N, pomiedzy miąższości A i B tak się rozdziela, iż iedna má siłę zbiorową $\frac{A \cdot CA}{CV}$, dru-

gá siłę $\frac{B \cdot CB}{CV}$, zaczęm $\frac{A \cdot CA}{CV} + \frac{B \cdot CB}{CV} =$

N, czyli $A \cdot CA + B \cdot CB = N \cdot CV$. Jeżeli zaś O jest szrodkiem ciężkości miąższości A i B, będzie $A \cdot CA + B \cdot CB = (A+B) \cdot CO$. Zaczem $(A+B) \cdot CO = N \cdot CV$ i $CV =$

▲.

$A.CA^2 + B.CB^2$. Gdy więc CB jest wa-
(A+B) CO

chadtém składaném, punkt zaś V jest tym punktem, który szrodkiem wachania (*centrum oscillationis*) nazywa się (Xię. II. Roz. IV. 16.) przeto ogólnie odległość szrodka wachania od szrodka zawieszenia w każdym wachadle złożoném znajdziemy, jeżeli zbior mnogości powstających z miąższości każdego punktu ciężkiego w wachadle i kwadratu jego odległości od szrodka zawieszenia podzielimy przez wagę wszystkich punktów ciężkich zebranych w wspólny szrodek ciężkości.

§. VIII.

To, co się dopiero powiedziało, przystosować się może do ruchu dźwigni lub krawków (*trochlea*) jeżeli bowiem na krawku lub na osi koła blochu (*axis in paritrochio*) z jednej strony wisi ciężar M, z drugiej strony ciężar P, i jeżeli ten większy jest, a niżeli potrzeba do zrobienia równowagi, krawek obraca się, a to biegiem jednostaynie przyspieszonym, byleby tarcie było małe, i sznurek, na który zawieszono są ciężary był dość lekki i giętki, iako się już wyżej okazało (Xię. III. Roz. V. 2.). Jeżeli więc V jest szrodkiem wachania, a linia ACBV pozioma, punkt V tą samą prędkością, którą ciała wolnie spadają, to jest, przez 15, 1 stóp w prze-

Ruch ciała ciężarém do góry dźwiganego.

Fig. 146.

OTWORZ. SIĘ BIEGU KOŁOWEGO 427

w przeciągu sekundy spada podczas obrotu krawka. Mając więc daną wysokość a, przez którą ciężar M w przeciągu sekundy podnieść się powinien, czyli co iedno jest, mając dany łuk, który w tymże samym czasie przebieść powinien punkt A będzie a: 15, 1 = CA: CV, przeto CV = $\frac{15, 1 \cdot CA}{a}$ A że też jest CV = $\frac{M.CA^2 + P.CB^2}{(M+P) CO}$

(7) gdzie O wyraża szrodek ciężkości ciężarów M i P, przy A i B zawieszonych.

Zaczém $\frac{15, 1 \cdot CA}{a} = \frac{M.CA^2 + P.CB^2}{(M+P) CO}$ jest

zaś OB: OA czyli CB — CO: CA + CO = M: P. zaczém M.CA + M.CO = P.CB — P.CO; i CO = $\frac{P.CB - M.CA}{M+P}$ stąd $\frac{15, 1 \cdot CA}{a}$

= $\frac{M.CA^2 + P.CB^2}{P.CB - M.CA}$ iako też P = $\frac{(15, 1 + a) M.CA^2}{(15, 1 \cdot CA - a.CB) CB}$

§. IX.

Niech n. p. będzie CA = CB, i ciężar M = 98 funtów, który się ma podnieść do wysokości 60 stóp Paryzkich w czasie 30". W tym razie iakię potrzeba siły P do dźwignienia ciężaru M? tu jest P = $\left(\frac{15, 1 + a}{15, 1 - a} \right) M$. a że w biegu jednostaynie

przy-

Przykłady.

przyspieszonym, mieysca są w stósunku kwadratowym czasów, będzie więc 60: a = 900: 1 przeto a czyli wysokość, do której ciężar M 98 funtów w czasie sekundy podnieść się powinien = 0, 066 stóp, za-

czém $P = \frac{15, 166}{15, 034} \cdot 98 = 98, 86$ funtów,

niech znowu będzie AC: CB = 1: 4, ciężar zaś M = 272 funtów, dajmy, że mamy go podnieść do wysokości 55 stóp w czasie 34", podobnież więc iak przedtém postę-

puiąc będzie $a = \frac{55}{34, 34} = 0, 04758$, i $P =$

$\frac{15, 14758}{4, 14, 9} \cdot 272 = 69, 09$ funtów. Tym więc

sposobém mając dany ciężar, czyli siłę P, wysokość a i stósunek CA: CB, znajdziemy ciężar M mogący się tą siłą P dźwignąć: i znowu mając siłę P, stósunek CA: CB i ciężar M, łatwo doydziemy wysokości a, do której ten ciężar może być podniesiony, to jest mając dané którekolwiek trzy z tych czterech rzeczy, czwartej doydziemy.

§. X.

Widzieliśmy wyżej, że gdy ciało iakie A wprost i mimosrzednie (*excentrice*) uderza się z jnném ciałem spoczywającym, w kierunku BD, a obydwie te ciała biorą się za beżcieżkić, a jednak doskona-
le twarde a zatem niesprężysté, tak, iżby

Jak się
bieg kół-
sty two-
rzy, przez
uderzenie

wszy-

wszystek bieg kierunku BD, który się od ciała uderzającego mającego miąższość A niszczy, i którego prędkość jest n. p. c, przeszedł w ciało uderzone; widzieliśmy mówię wyżej, że to ciało poczyną i postępować ku BD i razém obracać się około szrodka C swoiey miąższości (Xię. III. Roz. II. 21.). To więc co się tam powiedziało o biegu kołowym ciała uderzonego, iasnię teraz zrozumiane być może; ponieważż już istota tego biegu obszerńię jest wyluszczoną. Ze zaś bieg kołowy nie się nie przyczynia ani do powiększenia, ani zmniejszenia biegu postępnego ku BD, bieg zaś który ciało uderzające traci, wszystek przechodzi w ciało uderzone miąższości B, idzie stąd, że jeżeli szrodek C miąższości ciała tego przez uderzenie nabywa prędkości k w kierunku BD będzie $Ac = Bk$. Gdy zaś przetniemy ciało uderzone płaszczyzną przechodzącą przez szrodek iego miąższości i przez BD, a poprowadzimy na téj płaszczyźnie linią CT prostopadłą do BD, tedy ciało uderzające siłą zbiorową wyrównywiącą sile biegu iego straconego w kierunku BD uderzać będzie linią tęgą CT prostopadle, do której wszystkie punkta ciała uderzonego na płaszczyźnie CBD są iakoby przytwierdzone. Punkt więc każdy rozmnożywszy przez kwadrat iego odległości od szrodka C, i zbiór

mimo-
szrodka-
wé.

Fig. 147

wszyst-

wszystkich tych mnogości nazwawszy S, będzie prędkość kątowna v obrotu pochodząca z uderzenia $= \frac{2g \cdot AC \cdot CT}{S} (c.)$.

Naostatek ponieważ uderzające ciało A wtedy gdy uderza zawsze się dotyka punktu B ciała uderzonego i nie przestaje nań działać, chyba wtedy kiedy jego prędkość wyrównywa prędkości punktu B. w tymże kierunku BD, bieg zaś punktu B ku BD nasamprzód jest biegiem spólnym szrodka miąższości, a którego biegu prędkość jest k, powtóre jest też biegiem kołowym, którego prędkość ku BD jest $= v \cdot CT$, przeto po uderzeniu nie pozostaje ciała A, prędkość ku BD tylko iak $V = k + v \cdot CT$.

§. XI.

Dwa te biegi w ciele uderzonym sprawione, nie tak zawisły od siebie, ażeby jeden bez drugiego byż nie mógł. Prawda to jest, że gdyby sam szrodek C miąższości (gdy ciało postępuje prędkością k) był wstrzymany siłą iaką, któraby bieg jego Bk wcale znosiła, w takim razie całe to ciało nie postępowałoby dalej, a wszelako obracałoby się tak iak przedtem, kiedy nie było wstrzymane. Przeciwnie zaś jeżeli wystawimy sobie w myśli, że dzwignia iaka tęga CR utkwiona jest w ciele, i taż w punkcie R w kierunku prostym

O TWORZ. SIĘ BIEGU KOŁOWEGO 431

prostopadłym RS przeciwnym kierunkowi obrotu, uderza się iaką siłą zbiorową F, której waga $F \cdot CR = AC \cdot CT$, w tym razie bieg kołowy zupełnie się zniesie, bieg zaś postępnny choć osłabiony pozostanie. Przypuściwszy bowiem, że punkt R odleglejszy jest od C a niżeli punkt T, szrodek C miąższości tem uderzeniem dzwigni, nabędzie biegu F ku TB; ponieważ zaś w kierunku przeciwnym BT miał już bieg Bk, idzie zatem, że w tymże kierunku pozostaje mu jeszcze bieg Bk — F, a przeto pozostaje prędkość $\frac{Bk - F}{B} =$

$k - \frac{F}{B}$. Jeżeli więc szrodek C przed uderzeniem dzwigni spoczywa, to jest, jeżeli $k = 0$, szrodek ten po uderzeniu bieży w kierunku TB prędkością $\frac{F}{B}$.

§. XII.

Z tego, co poprzedziło, łatwo wyrozumieć można, dla czego kule zwłaszcza większe z dział wystrzelone upadły na ziemię, gdy się zdaie, iż już wcale bieg swój utraciły, nagle się znowu podnoszą i podskakują z wielkiem niebezpieczeństwem przytomnych. Kula bowiem wyrzucona z harmaty, nie tylko ma bieg postępnny, ale też i kołowy około osi swojej; upadł-

Dla czego, kule z dział wystrzelone, od ziemi nie skakują.

upadłszy więc na ziemię i straciwszy prawie wszystkie bieg swój postępnny, zwykła leżące bardzo prędko obracać się; skoro więc upadając na ziemię trafia na kamień lub inne jakie ciało twarde, tedy przez sam iey obrót, iakośmy widzieli, wznieść się bieg postępnny, przez który częstokroć się podnosi, i który lubo nierównie jest mniejszy od biegu, przy samém iey wystrzeleniu z harmaty, z tém wszystkiem może być niebezpieczny, z przyczyny wielkości kuli.

§. XIII.

Ponieważ było $v = \frac{2g \text{ Ac. CT}}{S} = \frac{2g \text{ Bk. CT}}{S}$

Stosunek między prędkością biegu postępnego i kołowego, zawisł od odległości między kierunkiem uderzenia i środkiem miąższości.

przypuściwszy więc że m: n: wyraża stosunek zachodzący między prędkością k

śroodka miąższości i prędkością kątową v obrotu danego ciała B, czyli że $\frac{v}{k} = \frac{m}{n}$ będzie

gdzie $\frac{m}{n} = \frac{2g \cdot B \cdot CT}{S}$. Na dany więc stosunek

$\frac{m}{n}$ prędkość biegu postępnego tegoż ciała B w jednakiej odległości CT od środka miąższości swojej uderzonego, zawsze się ma w stosunku stałym do prędkości kątowej biegu postępnego, iakożkolwiek byłaby miąższość albo prędkość ciała

ciała uderzającego. A że $CT = \frac{Sm}{2gnB}$:

idzie zatem, że jeżeli odległość CT w danym ciele przez to zrównanie oznaczają się, tedy ciała tego prędkość tak postępnna iak i kołowa zawsze będą w stosunku danym n: m. Przeto planety, które nie tylko krążą około słońca, ale też razem obracają się około swych osi przechodzących przez ich środki, za jednem uderzeniem mimosrodkowem, nabydź mogły obydwóch tych biegów. Ponieważ zaś z postrzeżeń wiadomy jest stosunek prędkości biegu postępnego planet i kątowego biegu ich kołowania, idzie zatem, iż za pomocą powyższego zrównania, oznaczyć można odległość CT, którą kierunek uderzenia mimosrodkowego powinién być bydź oddalony od środka każdej planety.

R O Z D Z I A Ł III.

o figurze i wielkości ziemi.

§. I.

Gdybyśmy od miejsca iakiego ziemi A idąc ku północy lub południowi po linii Stopnia prostey, to jest po linii znajdujący się na ziemskim płaszczyźnie południka tegoż miejsca A przyszli do miejsca B, którego linia wierzchołkowa BC nachylona jest do linii wierzchołkowej miejsca A pod kątem Dd ACB

Fig. 142.

$ACB = 1^\circ$ linia na powierzchni poziomej ziemi prowadzona od miejsca A do B, nazywa się stopniem ziemskim (gradus terrestris). Część więc ta południka ziemskiego, zawarta między ramionami kąta o jednym stopniu, czyli 1° jest różnicą zachodzącą między szerokościami miejsc danych A i B (Wstęp II. 10.) : kąt zaś ten może być oznaczony z postrzegania gwiazd stałych. Jeżeli bowiem gwiazda stała S przechodzi przez nadglównik (Zenit) miejsca A to jest przez linią wierzchołkową czyli pionową CA przedłużoną i w tym samym czasie od nadglównika miejsca B czyli linii CB przedłużonej oddalona jest kątem SBD, kąt ten SBD będzie równy kątowi ACB, ponieważ dla nieskończony prawie odległości od ziemi gwiazd stałych, linie AS, BS z różnych miejsc ziemi, do którejkolwiek z nich prowadzone, są sobie równoległe. Wymierzwszy więc długość AB na powierzchni ziemi, otrzymamy długość łuku ziemskiego odpowiadającą szerokości miejsc danych A i B. Wszakże nie konieczne tego potrzeba, aby SBD był zupełnie jednego stopnia: być bowiem może albo większy, albo mniejszy od 1° byleby znaleziona długość AB zmniejszona lub powiększona była stosownie do wielkości lub mniejszości jego nad 1° a tak tedy oznaczy się długość stopnia ziemskiego;

a na

a nawet i tego konieczne nie potrzeba, ażeby gwiazda postrzegana przez sam nadglównik miejsca A przechodziła. Jeżeli bowiem ona przechodząc przez płaszczyznę południka AB znajduje się na liniach AT, BT, kąt TAS zawarty między linią AT, i nadglówną AS miejsca A, będzie się równał kątowi TBS, a to z przyczyny równoległości linii BT, AT, odtawszy więc kąt TAS postrzegany z miejsca A, od kąta TBD z B postrzeganego, pozostanie kąt SBD zawsze równy kątowi ACB.

§. II.

Jeżeli zaś z wymiaru kilku stopni ziemskich chcemy oznaczyć prawdziwą wielkość i figurę kuli ziemskiej, potrzeba postrzegać gwiazdy, i wymiarać długość AB z jak największą dokładnością, gdyż różne stopnie ziemskie mało co się wielkością od siebie różnią, a z tąd różnicy kilku tylko stopniów prawdziwą kulę ziemską figurę oznaczyć wypada. Zaczęć w tym razie, nie tylko iak najsłabiejszych narzędzi użyć należy, ale też strzedz się, aby postrzegania nie były czynione w miejscach zbyt górzystych. Doświadczenia bowiem czynione w Anglii przez JP. Maskelyne przekonały, że wachadła przy górach wielkich zbaczają nieco z swego położenia pionowego, a przeto linie pionowe czyli nadglównie nie mogą być dokładnie oznaczone w takowych mie-

Przestrogi
względem
wymie-
rzania sto-
pni ziem-
skich.

Dda

scach,

scach, co jest skutkiem ciężkości powszechnéj, o czém niżej: co się zaś tycze wymiaru długości AB, ponieważ trudno gdzie znaleźć równinę otwartą, na którejby można było prowadzić tak długą linią prostą, należy więc punkta A i B za pomocą wielu trójkątów łączyć z jaką linią, którą nazywają podtawą. Kąty takowych trójkątów oznaczywszy przez postrzeżenie, i one do jednéjże płaszczyzny pozioméj przywiódłszy, a podstawę wymiérzywszy, wynajdą się przez trójkatomierstwo boki tychże trójkątów, iako też i długość AB. Ze zaś nie zawsze można mieć dość długą podstawę, dla niedostatku rozległych równin otwartych, przeto w wymiérzaniu iéy tém większý dokładności użyć potrzeba, im jest krótszą.

§. III.

Niektórzy z Towarzyszów Akademii Paryżkiéj nakładem Królew kim częścią w Ameryce przy Mieście Quito od Roku 1735 do Roku 1744, częścią w Laponii przy Mieście Tornea w Roku 1736 zatrudniali się wymiérzaniem stopni ziemskich, i te wymiary najprzdatnieysze są do oznaczenia figury ziemi. Gdyby ziemia zupełnie płaska była pomiędzy A i B, linie nadglówné BD i AS pro topadłe do powierzchni ziemi przy B i A musiałyby być

Kula ziem-
ska wypu-
kleysza
jest pod
równi-
kiem, iak
pod bie-
gunami.

bydź równoległe, a tém samém kąt TAS = TBD. Im zaś większa jest krzywizna łuku AB, tém większą bydź musi różnica wyokości danéj gwiazdy stałéj SBD, a stąd tém mnieysza długość jednégo stopnia. Ponieważ więc z wymiarów się okazało, że stopień ziemski pod równikiem mnieyszy jest od stopnia ku biegunowi północnému, idzie zatem że ziemia ku temuż biegunowi mnieyszą ma krzywiznę, iak przy równiku.

§. IV.

Zastanowiwszy się z uwagą nad stopniami ze wszelką dokładnością przez Jeometrów wymiérzonemi, postrzeżemy, iż od równika ku biegunóm (*in ratione bi-quadrorum*) różnice ich rosną w stósunku czworostopniowym wstaw szerokości. I tak stopień średni przy równiku podług rachunku *Boguera* i *Ulloy* prawie wynosi 56762 sążni Paryżkich, stopień zaś Lapon-
ski na szerokość $66^{\circ} 20'$ wynosi 57437,9 sążni Paryżkich, dzieląc różnicę tych dwóch stopni czyli 675,9 przez czworostopień wstawy ($66^{\circ} + 20'$) która to pótęga prawie jest = 0,7 otrzymuie się liczba 965 (gdzie promień czyli wstaw cała bierze się za jedność). Przeto gdy szerokość jest $49^{\circ} 23'$ który wstaw wyniesiona do czworostopnia = 0,332. mnożąc ją przez 965, otrzymamy 320,38, mnożąc ta dodana do 56762 daie 57082. We

Prawdzi-
wą figurę
ziemi.

Fran-

Francyi zaś pod taką szerokością $49^{\circ}23'$ przez sam wymiar znalezioną długość stopnia = 57074,5 sążni, która mało co się różni od długości jego przez rachunek odkrytej = 57082. To co się tu okazało na trzech stopniach za przykład przytoczonych, sprawdzić się może i na innych stopniach północnych, na co ogólny wyraz służy $a = 56762 + 965 \cdot r^4$ gdzie a wyraża długość stopnia w sążniach paryzkich, r zaś oznacza wstawę szerokości. Wziąwszy więc stosunek między różnicami stopniów za niezawodny, geometrycznie okazać można, że ziemia jest płaskokulą (sphaeroid), której połowa osi jest = 3263282 sążni, promień zaś równika = 3281712 sążni, a przeto są też linie prawie w stosunku 177:178. Taki więc kształt ma ziemia przynajmniej w północnej swej stronie: południowa zaś strona, że nie jest zupełnie ię podobną, przekonywać zdaje się i długość stopnia, i długość wachadła sekundowego, wymierzana przez JP. de la Caille na przykładu dobrej nadziei.

§. V.

Jeżeli więc mila Polska zamyka w sobie 3600 sążni Paryzkich, tedy połowa osi ziemskiej północna wynosić będzie 906,467, promień zaś równika ziemskiego 911,587 mil Polskich, zaczęm różnica między połową północną osi, i promieniem

Wielkość
ziemi.

jest

jest = 5,12 mil, i tyle to wyniosłszy jest ziemia pod równikiem iak pod biegunem północnym: część zaś ię południowa, lubo w rzeczy samej inny ma kształt iak północna, z tém wszystkiem nie może być bardzo różna od ię; wziąwszy więc liczbę 909 szrodkiem między 911,587, i 906,467; ziemia zbliżyć się będzie do kuli promienia 909 mil Polskich, a przeto powięrszchnia ię prawie zamykać będzie 10383344 mil kwadratowych, czyli równać się będzie kwadratowi, którego bok = 3222 mil: bryłowatość zaś prawie = 3145163400 mil sześciennych, która to miąższość jest zaiste nader ogromną względem ciał nas otaczających (Wstęp XV 2.).

§. VI.

Kula ziemską około osi swojej obracać się, wszędzie zmniejsza ciężkość ciał ziemskich, a to z przyczyny sił odśrodkowych w tym obrocie wzniesionych; należy więc rozróżnić ciężkość bezwzględną (*gravitas absoluta*) to jest ciężkość taką, iakąby miały ciała, gdyby się ziemia nie obracała około osi swojej, od ich ciężkości względnej (*gravitas relativa*) czyli ciężkości takię, iaką teraz w nich dostrzegamy. Jakoż ciężkość bezwzględną pierwiastkową pod równikiem ziemskim przy B działającą wprost ku szrodkowi C, wyraziwszy przez promień BC, siłę

Ciężkość
bezwzględna i
względna.

Fig. 149.

zaś

zaś odśrodkową także pierwiastkową tamże przez linią BD, będziemy mieli ciężkość względną przy B (którą nazywam) $g = CB - BD$: gdyż kierunek siły odśrodkowej zawsze jest pionowy do osi obrotu, a tém samym wprost przeciwny kierunkowi ciężkości. A że na inném iakimkolwiek miejscu ziemi między równikiem i biegunami nie cała siła odśrodkowa przeciwna jest ciężkości bezwzględnej, przeto ni iaką tylko częścią swoją osłabiać, dajmy że AC jest połową osi ziemi, EC zaś promieniem iey iakimkolwiek, pomiędzy równikiem i biegunem A. poprowadźmy linią EF prostopadłą na AC: a okaże się, że punkt E obracać się będzie około szrodka swego F, i w tymże samym czasie opisze koło swoje, co i punkt B; przeto kierunek EG siły odśrodkowej pierwiastkowej f , w miejscu E przypadnie na linią FE przedłużoną, a tak też siła odśrodkowa $f = EG$ mieć się będzie do siły odśrodkowej pod równikiem BD, iak $EF : CB$ (Roz. I. II. Roz. III.). Położywszy więc kąt ECB $= r$ będzie $f = BD \cdot \text{Dosta } r$, ale gdy na promień CE przedłużony, spuścimy prostopadłą GH, tedy siła GE $= f$ rozebrać się będzie mogła na siły EH, GH: z których pierwszą tylko wprost przeciwną jest ciężkości bezwzględnej G w mie-

scu E, a zatem onę osłabia. Ponieważ więc ziemia prawie jest kulista, tedy bez znacznego uchybienia, wszędzie brać można kierunek ciężkości dążący do szrodka ziemi, a przeto kąt ECB za szerokość miejsca E, i za wstawę szerokości: jest zaś EH: $f = EF : EC = \text{Dosta. } r : 1$, przeto EH $= f \cdot \text{Dost. } r = BD \cdot \text{Dosta. } r^2$.

§. VII.

Ciężkość więc względna poł równikiem jest $= CB - BD$ w miejscu zaś E $= G - BD$. Dosta r^2 a przeto różnica ich obydwóch czyli wzrost ciężkości względny od B aż do E $= G - BD$. Dost. $r^2 = CB + BD = G - CB + BD$. ($1 - \text{Dosta } r^2$) $= G - CB + BD$. Wsta r^2 . Gdyby więc ciężkość bezwzględna na wszystkich miejscach ziemi była iednaka, byłoby $G = CB$, wzrost zaś ciężkości względny byłby $= BD \cdot \text{wsta } r^2$. Ale doświadczenia nauczają, iak zaraz zobaczymy, że ciężkość bezwzględna pod biegunem nie co większą jest, iak pod równikiem, co jest skutkiem większey odległości równika ziemskiego od szrodka ziemi, a niżeli jest odległość bieguna od tegoż szrodka. Doświadczył bowiem Buger w górzystych krajach Ameryki, że wachadła na wierzchołkach gór najwyższych, bardziey się opóźniają, a niżeliby opóźniać się powinny stosownie do powiększoney prędkości obrotu i siły odśrodkowej, a przeto że cięż-

Ciężkość
względna
rośnie
w stosun-
ku kwa-
dratowym
wstaw
szerokości

ciężkość bezwzględna mniejsza jest w większy od środka ziemi odległości. Okazuje się zaś niżej, że biorąc ziemię za jednorodną wzrosty ciężkości bezwzględny na ię powierzchni od równika ku biegunóm, są prawie w stósunku kwadratowym wstaw szerokości mieysc. A jeżeli tak będzie, więc i wzrost ciężkości względny w punkcie n. p. E prawie = a. Wsta $r^2 + BD$. Wsta. $r^2 = (a + BD)$ wst. r^2 , gdzie a wyraża ilość stałą i taką, iżby była $G - CB = a$: Wsta r^2 to jest: jeżeli ziemia jest jednorodną, wzrosty ciężkości względny od równika ku biegunóm idąc, zachowują stósunek kwadratowy Wstaw szerokości; o cém właśnie doświadczeniach wachadeł przekonują.

§. VIII.

Wachadło pojedyncze sekundowe pod równikiem jest = 439,21 linii, w Rzymie zaś = 440,29 linii, różnica więc tych dwóch długości wachadła jest = 1,08 linii. Kwadrat wstawy szerokości Rzymu, czyli Wsta ($41^{\circ} 54'$) = 0,446. Rozdzielisz liczbę 1,08 przez 0,446 wypada 2,42 długość więc i wachadła sekundowego na każdą inną szerokość północną r powinna być = 439,21 + 2,42 Wsta r^2 . I tak jeżeli w Leydzie szerokość północna jest $52^{\circ} 9\frac{1}{2}'$, kwadrat więc ię wstawy, czyli 0,62362 rozmnożywszy przez 2,42 i mnożąc 1,509 do 439,21 dodawszy, wypa-

paćby powinna długość pojedynczego wachadła sekundowego = 440,719 linii; ale w istocie samy znaleziono ją = 440,718 linii, podobnie i inne postrzeżenia dokładnie wachadeł zgadzają się ze z równaniem $l = 439,21 + 2,42 (Wsta r^2)$. Na samym więc biegunie północnym, gdzie nikt doysść nie może, i gdzie wstawa szerokości = 1, długość wachadła pojedynczego będzie = 441,63 linii Paryżkich, a przeto ciężkość względna pierwiastkowa pod równikiem ma się do ciężkości względny pod biegunem północnym, iak 439,21:441,63; to jest prawie iak 177:178 a tēm samem iak północną połowa osi ziemi, do promienia równika (4.).

§. IX.

Stósunek zaś zachodzący między ciężkością pierwiastkową bezwzględną i względną następującym sposobem oznaczyć można. Ponieważ gwiazdy stałe, zdają się nieustannie swoje obroty iednostayne czyli obiegi odprawiać w 23 godzin 56' 4" czyli raczy we 23 godzi. 56' 37" (Wstęp XII. 15.) idzie zatem, że kula ziemská w tymże czasie czyli w 86164 sekundach ieden obrot swój zupełny iednostaynie odbywa. A że w każdym kole stósunek obwołu do szrednicy jest = 3,14159:1 a przeto stósunek obwołu do promienia = 6,283:1 rozdzieliwszy więc liczbę 86164 przez 6,283 przekonamy

my się, że każdy punkt równika ziemskiego, taką prędkością obraca się, jaką prędkością promień równika w czasie 13713" biegiem iednostaynym mógłby bydź przebieżonym. A ponieważ wachadło pojedyncze sekundowe pod równikiem w próżni jest = 439,21, linij, stosunek zaś spadku wolnego w każdym miejscu ziemi w próżni w czasie sekundy, do tegoż spadku przez połowę długości wachadła pojedynczego sekundowego na témże samém miejscu jest = 3,14159:1 (Xię. II. Roz. IV 14.) przeto czas wolnego spadku przez 219,605 linij będzie pod równikiem

= $\frac{1}{3,14159}$, sekund, a tém samym (gdyż

kwadraty czasów spadek w maia się iak wysokości) wysokość x, przez którą pod równikiem ciała wolnie spadają w przeciągu sekundy = 219,605. 3,14159 = 2167,41" Połowa promienia równika ziemskiego zawiera w sobie 1640856 sążni (4.) czyli 141769,9584," liczbę tę rozdzieliwszy przez 2167,41, otrzymamy 654098, kwadrat liczby sekund, w których przeciągu punkt ciężki pod równikiem przez połowę promienia równika samowolnie spada, (jeżeli ciężkość jego zawsze iednaka zostaje) liczba więc ta jest 808,76 sekund: prędkością zaś nabytą w tym spadku w równym czasie, biegiem iednostaynym,

cały

cały promień przebiedź może. Ma się więc ta prędkość do prędkości obrotu, iak 808,76: 13713 = 1:16,955. Ale gdyby każdy punkt równy obracał się prędkością w samowolnym spadku przez połowę promienia i równika, nabytą, siła tegoż punktu odśrodkowa wyrównywałaby ciężkości (Roz. I. II.). Zaczem siła odśrodkowa ma się do ciężkości względny pod równikiem, iak 1:16,955² czyli iak 1:287,5. Ma się więc pod równikiem ciężkość bezwzględna do względny, iak 288,5:287,5.

§ X.

Z tego, co poprzedziło, wniesć należy naprzód, że siła odśrodkowa nader jest mała względem siły ciężkości na powierzchni ziemi; powtóre że wachadło sekundowe pojedyncze pod równikiem długie na 439,21 linij musiałoby się przedłużyć częścią swoją 287,5tą gdyby sama tylko siła ciężkości bezwzględna było nagłone, a gdyby się ziemia około osi swęj nie obracała. Toż więc wachadło byłoby wtedy długie na 440,74 linij Paryzkich, i miałoby się do wachadła sekundowego pod biegunem północnym iak 440,74:441,63 (8.). A że pod samym biegunem nie masz żadnego obrotu, i żadny siły odśrodkowej, przeto tam ciężkość względna równa jest ciężkości bezwzględnej, a stąd ciężkość pierwiastkowa bezwzględna

Ciężkość bezwzględna nie co większa jest pod biegunami iak pod równikiem.

dną pod równikiem, ma się do ciężkości pierwiastkowej bezwzględnej pod biegunem, jak 440, 74: 441, 63; (Roz. II. 4.) jest więc ta ciężkość pod biegunem nie co większa.

§. XI.

Gdyby cała kula ziemską z początku była płynna, wniosek stąd wypadłby, iż by nie mogła nabyć kształtu płaskokuli ku biegunom, (Sphaerois) tylko przez obrót około swęj osi. Siłę bowiem odrzodzącą EG iakięgokolwiek mieysca E ropędą zebrawszy na dwie siły HG, EH okaże się, że jedna z tych to jest EH, działa na osłabienie siły ciężkości bezwzględnej ku EC, drugą zaś HG nagli ku równikowi części przy E będąc. Jakoż ciało z punktu H, spadając ciężkością swoją nagłone jest ku C, i razem siła HG nagłone ku B, a przeto spada nie po linii prostej HC, lecz po innej iakięj n. p. HI która będąc linią pionową, czyli wierzchołkową nie jest prostopadłą na powierzchnię AEB. A tak tedy części kuli płynnej AEB, pod czas ięj obrotu zewsząd od biegunów ku równikom płyną, iakoby po płaszczyznach pochyłych; i tam się skupiają; przez co krzywizna ziemi AEB, przeistacza się w LEM i linia HI pionowa, albo z pełnie albo prawie co staie się prostopadłą do powierzchni ziemi. Ponieważ więc w rzeczywistości samą ziemią ma kształt płaskokuli

Dowodliwa jest, że kula ziemską z początku była płynna.

Fig. 149.

pod równikiem wypuklejszą, a linię pionową wszędzie są prostopadłe do powierzchni Oceanu, gdy jest spokojny, jest więc rzeczą nader dowodliwą, że taż kula ziemską w początku była płynną i spłaszczanie się ięj, przy biegunach pochodzi od samego tylko obrotu ięj około osi; co właśnie widocznie okazuje stosunek ciężkości względnej pod równikiem, i pod biegunem północnym, który to stosunek prawie zupełnie się równa stosunkowi odwrótnemu promieni CM i CL (8.) dowiedźdźby zaś można, że jeżeli kula ziemską, jest jednorodną i płynną, tedy słupy LC i MC będą równowżyć, gdyż ich długości są w stosunku odwrótnym ciężkości przy L i M, bo stosunek ten między liniami CM i CL mógł pochodzić stąd, że miąższość ziemi płynna do równowagi wszędzie się układała.

§. XII.

Nie idzie jednak stąd, żeby ziemia miała być z początku tak płynna iak woda, której cząstki mając z sobą spójność bardzo małą, są najszybsze. Wielę się bowiem znajduje płynów lipkich, których cząstki nawet w spoczynku nie równo ważą się tak dokładnie, iak cząstki wody. Takim płynem pomiędzy innemi jest owa materya rozpalona, z gór ognistych wybuchająca, którą lawą nazywają. Powierzchnia téj materyi, nigdy prawie nie

Kula ziemską jeżeli była płynną, nie mogła być tak bardzo płynna iak woda.

jest

jest zupełnie płaska ani pozioma, lecz zawsze pochyła i nie równa; przeto chociaż z natury ciężkości (o czém niżej) możnaby przez rachunek znaleźć figurę, którą kula ziemską ze wszystkich stron dążąc do równowagi wzięłaby, gdyby tak była płynną jak woda, nie idzie jednakże stąd, żeby w istocie samą ten a nie inny kształt mieć miała. Dowodliwa bowiem jest, że ięć miąższosć nigdy nie była płynną, jak woda, lecz gęściejszą, a przeto figura ięć musi się nie co różnić od figury takięć, o iakięć wyżej mówiliśmy.

ROZDZIAŁ IV.

o biegu Xiężycy.

§. I.

Siła
wszrod-
pędna
xiężycy

Xiężyc obraca się około ziemi w okręgu prawie koła mającego szrodek ten sam co i ziemia. Przeto iakoby ustawicznie pociągany jest ku ziemi iakąs siłą wszrodpędną, gdyż inaczey z przyczyny siły upornęć (*vis inertiae*) musiałby odejść od ziemi po linii prostey styczney tegoż koła. Dowodliwa zaś jest, że siła ta nie jest co innego, tylko sama ciężkość, którą wszystkie ciała na powierzchni ziemi znajdujące się pociągają do ięć szrodka; bo doświadczamy że ciała mają

cięż-

ciężkość swoją w najwyższych nawet wysokościach; a stąd wniesć można, że też ciężkość rozciąga się aż do xiężycy? Ale iako na wierchołkach gór, ciała mniej ciężą niż przy tychże gór spodzie, tak też nierównie mnieyszą byź musi ciężkość ciał w takięć odległości, iaka jest xiężycy od ziemi. Zmnieyszanie się takowey ciężkości, na każdą daną odległość od szrodka ziemi wynaleziona byź może z biegów xiężycy czyli *Satellesów* Jowisza i Saturna: xiężycyce bowiem té obracają się około swych głównych planet, po okręgach prawie kołowych tak, iak nasz xiężyc około ziemi, a przeto podobnemi siłami wszrodpędnemi ku tymże planetóm są pociągane. Dowodliwa zaś jest, że siła wszrodpędna około ziemi, tymże prawóm podlega, którym podlegają siły wszrodpędne około Jowisza albo Saturna.

§. II.

Przed odkryciem *Herschela* Jowisz cztery, a Saturn pięć miał około siebie postrzeżonych xiężyców (*Wstę. XII. 50.*) odległości tych xiężyców od szrodka ich planet głównych rachowane na promienie średnic tychże planet, iako też czasy w stosunkach obieżne średnic są następujące.

Siły
wszrod-
pędne ciał
niebieskich są
w stosunku do spacz-

Ee

Xię.

nym kwe-
dratów,
odległo-
ści od
szrodka.

Czas obieźne 45go 18' 17" 65go 44' 22" 108go 25' 12" 384go 34' 38" 1903go 47'

Odległości

Igo

IIgo

IIIgo

IVgo

Vgo

4,863

6,208

8,754

10,205

19,154

Xiężyców Saturna

Czas obieźne

Odległości

Igo

IIgo

IIIgo

IVgo

5,965

9,404

15,141

26,63

42 godz. 27' 33"

85go. 13' 42"

121go. 41' 31"

400go 32' 8"

Xiężyców Jowisza

Maia się więc odległości xiężyców, Jowi-
sza prawie iak liczby 1; 1,591; 2,538;
4,464: czasy zaś ich obieźne iak 1; 2,007;
4,044; 9,433: sześciiany liczb pierwszego
szeregu są iak 1; 4,027; 16,35; 88,96;
kwadraty zaś liczb drugiego szeregu
1; 4,028; 16,35; 88,96; to iest sześcia-
ny odległości Xiężyców Jowiszowych,
równie iak i Saturnowych są iak kwadraty,
ich czasów obieźnych. I toż prawo ma
mieysce nawet w planetach głównych,
ieżeli ie uważać będziemy co do obrotu
ich około słońca, iako to okazał Kepler na
początku wieku przeszłego. Widzieliśmy
iż że (Roz. I. 13.) gdy dwa ciała A i B
obracają się w kołach promieni R i r,
a czasy ich obieźne są T i t, na ten czas
ich siły pierwiastkowe wszerzodpędne v, i f
są w stósunku $\frac{R}{T^2} : \frac{r}{t^2}$ przeto $vR^2 = f r t^2$.

Ponieważ tedy iest: $T^2 : t^2 = R^3 : r^3$, co wła-
śnie ma mieysce w planetach i w ich xię-
życach, czyli skoro $T^2 r^3 = t^2 R^3$ będzie
 $vR^3 = f r R^3$ czyli $vR^2 = f r^2$ skąd v; f =
 $r^2 : R^2$ to iest siły wszerzodpędne są w stósun-
ku odwrotnym kwadratów odległości od
szrodka. Ponieważ więc siły wszerzod-
pędne wszystkich ciał niebieskich zmniej-
szają się w stósunku kwadratowym odle-
głości od szrodka, nader dowodliwa iest,
że i siła wszerzodpędna xiężycy w tymże
iest stósunku, a przeto że się zmniejsza

Eq 2

co raz

coraż w stosunku kwadratowym odległości od środka ziemi.

§. III.

Wielkość siły wsrodpednej pierwiastkowej xieżyca następującym sposobem oznaczyć się może: xieżyć w przeciagu 27 dni 7 godzin $43\frac{1}{5}$ minut, czyli w 655,72 godzinach przebiega całą drogę swoją (Wstę. XIV. 25) podzieliwszy więc iego drogę na 360 stopni, wypada, że xieżyć w przeciagu iednej godziny przebiega 32,94 czyli prawie 33 minut a przeto w przeciagu iednej minuty przebiega 33 sekund. Dajmy że łuk AB = 33 sekund i że C wyraża srzodek ziemi, linia zaś CA lub CB wyraża promień szredni drogi xieżyca, AE styczną, BD prostopadłą do AC, wziawszy więc AC za wstawę całą = 1, BD będzie = Wsta 33" linia zaś EB do styczney prostopadła = AD, a przeto AD:DB = DB:2AC — AD A że AD jest ilością prawie nieskończenie małą względem 2AC będzie więc blisko AD: DB = DB:

$$2AC, \text{ skąd } AD = \frac{DB^2}{2AC} = \left(\frac{\text{Wsta } 33''}{2} \right)^2.$$

Ze zaś wstawy łuków nader małych mają się iak same ich łuki; a Wsta $60'' = 0,0002929$ będzie więc wsta. $33'' = 0,00016$ a połowa iey kwadratu = $0,000000128$; Promień szredni drogi xieżyca zamyka w sobie prawie 60 promieni szrednich ziemi (Wstę.

(Wstę. XII. 39.) promień zaś szredni ziemi = 3272497 sażni = 19634982 stóp (Roz. III. 4.). Rozmnożywszy więc tę liczbę przez 60 i przez 0,000000128 otrzymamy AD = 15,0798 czyli blisko 15,1 stóp. Xieżyć tedy tyle siłą swoją wsrodpedną zbliża się ku ziemi w przeciagu pierwszy sekundy (Roz. I. 8.). Ponieważ więc kwadraty czasów, w których się rodzi bieg od siły iakięj jednostayny, są w stosunku mieysc, idzie stąd, że xieżyć taż siłą wsrodpedną w przeciagu sekundy spada przez $\frac{15,1}{3600}$ stóp. Ale gdyby xie-

żyć znaydował się na samęj powierzchni ziemi, siła iego wsrodpedna powiększona w stosunku kwadratowym zmniejszonęj odległości od środka ziemi, byłaby 3600 razy większą, a zatem ta siła w przeciagu sekundy, zodziłaby bieg 3600 razy większy aniżeli w odległości CA. Xieżyć więc siłą swoją wsrodpedną przy powierzchni ziemi przebiegłby spadając 15,1 stóp w czasie sekundy; co właśnie prawdzi się na wszystkich ciałach ziemskich. Zaczem siła wsrodpedna xieżyca nie co innego jest, iak tylko taż sama ciężkość, którą wszystkie ciała ziemskie na dół nagli.

§. IV.

Szrednica xieżyca widzialna (apparens) i uważana przez narzędzia matema xieżyca-

obracać się
około zie-
mi w El-
ipsie
czyli nie-
dorzutni.

Fig. 151

tyczne, już większą już mniejszą nam się pokazują, tak dalece, że od 29', 25" docho-
dzi aż do 33', 34", skąd się wnosi, iż
xiężyc raz bliższy, drugi raz dalszy jest od
ziemi, a przeto że obracając się około
ziemi, nie kreśli koła lecz inną jakąś linią
krzywą; o czém ażeby się przekonać,
dajmy, iż C jest środkiem ziemi, A środ-
kiem xiężyca, a tak ciężkość pierwiastko-
wa ku ziemi w miejscu A musi mieć ia-
kąś pewną i oznaczoną wielkość, stoso-
wną do odległości CA. Gdyby więc
prędkość xiężyca w A w kierunku styczn-
ny AE taką była, iżby wysokość iędy od-
powiadająca na powierzchni ziemi a była

$$= \frac{AC \cdot g}{2v}, \text{ gdzie } g \text{ wyraża ciężkość pier-}$$

wiastkowa na powierzchni ziemi, v zaś
siłę wszerpędną, czyli ciężkość pierwiast-
kową w miejscu A. gdyby mówię tak byto,
xiężyc kreśliłby koło około środka C,
gdyż w kole jest $v: g = AC: 2a$ (Roz. I.
9.). Ale jeżeli prędkość xiężyca w kie-
runku AE jest mniejsza, na ten czas on nie
po kole AB, lecz po innej linii krzywej
AD, niżey AB obracać się pocznę, iako
mocniędy pociągany ku C niżby pociągany
bydź powinien, aby kreślił koło; a tak
zbliżając się do środka C doznaje co raz
większey siły wszerpędny: że zaś siła
ta nie jest prostoradną, lecz pochyła do
jego kierunku, prędkość więc onegoż co-
raz

raz się powiększa, z przyczyny siły
wszerpędny. Ponieważ zaś kierunek
xiężyca w jakim punkcie F znowu jest
prostopadły do linii CF prowadzoney ze
środku sił C, do iego środka, która to
linia w ogólności nazywa się promieniem
wodzącym (*) (Radius vector), prędkość
więc xiężyca w tymże punkcie F będzie
większa iak w A, promień zaś wodzący
krótszy, gdyż przypuszczamy że xiężyc
począwszy od punktu A, co raz bardzięy
się zbliżał do środka C. Zaczęmy gdyby
i w tém zdarzeniu xiężyc obracać się po
kole FG mającym środek C, wtedy wyso-
kość a' do iego prędkości w kierunku sty-
czny prowadzoney do F należąca byłaby

$$= \frac{FC \cdot g}{2v'} \text{ a tém samym } a' < a, \text{ ponieważ}$$

$FC < AC$ a zaś $v' > v$. A że prędkość xię-
życa większa jest przy F, iak przy A więc
 $a' > a$. Skąd się okazuje, że xiężyc nie
może się obracać po kole FG lecz dla
większey prędkości swoięy w kierunku
styczny należący do punktu F odbiega
od środka C po linii krzywey FH, a co
raz bardzięy się od niego oddalając, siłę
swoię wszerpędną zmniejsza. Okazać
zas

(*) Promień wodzący (Radius vector) jest linią
prowadzoną od środka słońca lub planety ia-
kiękolwiek główny n. p. ziemi, do środka
planety obiegającej około słońca lub planety
główny.

zaś można, że tym sposobem szrodek xiężyca, kręśli linią krzywą do siebie się zwracającą ADFHA podługowatą, którą nazywają Ellipsa. Punkt C, za szrodkiem Ellipsy przypadający, nazywa się ogniskiem Ellipsy (*focus Ellipsis*) (*).

§. V.

Punkt A drogi xiężyca, w którym jest najodległy od ziemi nazywa się punktem odziemnym (*apogaeum*) punkt zaś F w którym najbliżej ziemi znajduje się xiężyc, zowie się punktem doziemnym (*perigaeum*); podobnie punkt drogi iakowego planety, w którym szrodek jego najdalszy jest od szrodka słońca, nazywa się odsłonecznym tegoż planety (*aphelium*) punkt zaś najbliższy dosłonecznym (*perihelium*). Oba te punkta spólnem imieniem nazywają odstępami (*absides*), linią zaś AF czyli oś drogi eliptycznej, [linią odstępów (*linea absidum*) odległość ogniska od szrodka drogi, iako to CO, TO nazywa się mimoszrodem (*eccentricitas*) kąt

(*) Uwiązawszy końce nici do dwóch punktów C i T nieruchomych tablicy, jeżeli wytyczając tęż nie styfejką, obracać go będziemy około punktów rzeczonych C i T, obrotem tym wykręśli się Ellipsa, mając ogniska C, i T, szrodek O równo oddalony od ogniska; gdzie łatwo widzieć można, że poprowadziwszy z ognisk do punktów Ellipsy którychkolwiek L i M, linie TL, CL i TM, CM, będzie $TL + CL = TM + CM = AF + AT = CF$.

kąt zaś LCA zawarty między miejscem, na którym się w ow czas znajduje xiężyc i miejscem odziemnym, podobnie iak i kąt między miejscem, gdzie się znajduje planeta i miejscem jego odsłonecznym nazywa się ustępem prawdziwym (*anomalía vera*). Bieg więc xiężyca nie jest iednostajny, ale począwszy od punktu odziemnego, gdzie jest najpowolniejszy, nieustannie się przyspiesza aż do punktu doziemnego, gdzie ma największą prędkość; a z tego punktu odchodząc, znowu swą prędkość zmniejsza, czyli opóźnia aż do punktu odziemnego. Takową nierówność biegu dostrzegamy nie tylko w xiężycu naszym, ale też w xiężycach Jowisza i Saturna. Same nawet planety główne kręśląc Ellipsy około słońca, najpowolniejszy mają bieg w miejscach odsłonecznych, a najprędszy w dosłonecznych, a zaś między temi punktami znajdując się, co raz bardziej przyspieszają lub opóźniają swe biegi.

§. VI.

Damy, że punkt iaki siła swoją wśródpędną około punktu C kręśli linią krzywą ABF, i że w miejscu A jego prędkość taka jest, iż w czasie t przebieść może część AD styczny do A prowadzonej. Niech będzie AB łukiem wykreślonym od punktu danego w tymże czasie t, i ten łuk weźmy iakoby za nieskończenie ma-

Po-
wierzeh-
nie opisa-
ne odpro-
mienia
wodzące-
go, są

w stosun-
ku cza-
sów.

Fig. 152.

mały; w przeciągu tego czasu, tak krot-
kiego, siła wśródpedna będzie się mogła
brać za jednostayną, a przeto linia DB za
równoległą do AC, łuczek AB za linią
prostą. Poprowadziwszy więc linię DC
i BC utworzą się trójkąty ADC i
ABC równe, jako mające spólną podsta-
wę AC, a zakończone między równole-
głami AC i DB. Ponieważ więc bieg pun-
ktu danego po łuczku AB prawie zupeł-
nie jest jednostayny: poprowadziwszy sty-
czną BE do B i zrobiwszy ją = AB pręd-
kość punktu w miejscu B taka będzie, iż
tą prędkością w przeciągu drugiej chwili
= t przebieść może linią BE. Dajmy,
że w rzeczy samej przebiega łuczek BF,
a będzie iak wyżej linia EF, równoległa
do BC, i trójkąt BCE = BAC: ponieważ
linią ABE brać można za prostą: a że
też i trójkąt FBC będzie równy trójką-
towi EBC, zaczęm wycinek (sektor) FBC,
równa się wycinkowi BAC. Podobnież
wycinek opisany od promienia wodzące-
go w chwili trzeciej, czwartej i t. d. =
t, będzie się równał wycinkowi BAC. Ze-
brawszy więc razem z jednej strony liczbę
n, z drugiej liczbę m takich wycinków,
będzie się miał pierwszy wycinek wię-
kszy ABC złożony z n małych wycinków,
do drugiego DEC złożonego z m małych
iak nt: mt, to jest, iak czas strawiony
na opisanie łuku AB należącego do pier-
wsze-

Fig. 153.

wszego odcinka, do czasu strawionego
na opisanie łuku DC, drugiego odcinka.
Ogólnie więc powiedzieć należy, że wy-
cinki opisane od promienia wodzącego,
zawsze są w stosunku czasów strawio-
nych, na przebieganie ich łuków. Prze-
konywa doświadczenie, że to prawidło
ma miejsce w biegu Xieżyca, i owszem
Kepler już okazał, że ono spólnie służy
wszystkim Planetóm do słońca odnoszo-
nym, co powtórnie dowodzi, iż Xieży-
ku ziemi, planety ku Słońcu wprost dają
siła wśródpedną.

§. VII.

Jeżeli CT jest linią prostopadłą do
stycznej punktu A, i CM prostopadłą do
stycznej punktu D, będzie się mieć pręd-
kość przy D do prędkości przy A iak CT:
CM, jeżeli bowiem wycinki ACB, DCE,
tak są małe, iż brać się mogą za trójką-
ty prostokreślne, wtedy czas t, strawio-
ny na opisanie AB, mieć się będzie do cza-
su T strawionego na opisanie DE iak
ABC: DEC (c) = AB. CT. DE. CM. A że
wtedy biegi przez AB i DE za jednostay-
ne brać się mogą: będzie więc AB mieys-
cém opisaném prędkością C przy A znajdu-
jąca się, zaś DE mieyscém opisaném pręd-
kością C, znajdującą się na DE, mieysca zaś te
AB: DE mieć się będą iak tC: Te. Przeto t:
T = AB. CT. DE. CM = tC. CT: Te. CM, skąd
C. CT = c. CM, i CT: CM = c: C. Co po-

Prędkość
punktu siła
wśródped-
na nagło-
nego, na
każdém
mieyscu
jest w stó-
sunku od-
wrotnym
linii pro-
stopadłej
do sty-
cznej o-
wegoż
mieysca.

Fig. 153.

twier-

twierdza to, co się wyżej powiedziało, że jeżeli ciało opisuje Ellipsę, około jakiegoś środka sił, prędkość jego tym bardziej się powiększa, im bardziej się zbliża ciało do tegoż środka, i przeciwnie tym bardziej zmniejsza się, im bardziej się od niego oddala.

§ VIII.

Jako xiężyc pociągany jest od ziemi, tak też podobnie ziemia musi być pociągana od xiężyca, gdyż postrzegamy w naturze to ogólne prawo, że każdemu działaniu odpowiada oddziaływanie równe i wprost przeciwległe. Prawda, że gdy ciała ziemskie spadają ku ziemi, nie postrzegamy wcale żadnego dążenia, czyli biegu ich samych ku tymże ciałom: ale to przypisać należy niezmierny prawie ogromności ziemi względem ciał ziemskich (Roz. 3. 5.) Wiadomo bowiem, że biegi postępné są w stosunku wieloczynów z miąższości przez prędkości; skoro więc miąższość ciała jakiego do biegu nagłona byłaby nieskończenie wielką, tedy prędkość biegu tego ciała musi być nieskończenie małą. Ale inaczej się rzecz ma z xiężycem, iak z ciałami ziemskimi: ponieważ ziemia tylko 49 razy jest większa od xiężyca (Wstę. XII. 39.) ciężnienie więc ziemi ku xiężycowi, może być znaczne, co właśnie okazują podnosze-

Ziemia
ciąży na
Xiężyc.

szenia i opadania (*fluxus & refluxus.*) morza, które iak wiemy (Wstę. VI. 13.) iednostaynie odpowiada biegowi xiężyca, i dokładnie wyłóżyć się mogą przez ciężnienie ziemi na xiężyc.

§ IX.

Ponieważ xiężyc pociągá ziemię a ziemia Xiężyc, oba te ciała ustawnie będą do siebie wzajem dążyć w linii prostéj CE przechodzącej przez ich środki (3) że zaś za powiększoną odległością od środka, zmniejsza się ciężkość ku temuż środkowi, gdy więc na powierzchni ziemi nąbliższy xiężyca przy d znajduje się morze, cząstki jego dążyć będą ku xiężycowi większą ciężkością pierwiastkową, a niżeli sam sródek ziemi C, iako odleglejszy od xiężyca: ten zaś sródek większą ciężkością niż morze przy e nąblaszé od xiężyca; a tak różnicą zachodzącą między ciężnieniem na xiężyc, cząstek przy d, i ciężnieniem na ténże xiężyc sródka ziemi, pociągá téż cząstki od sródka ku xiężycowi: różnica zaś między ciężnieniem sródka i cząstek przy e, pociągá téż cząstki ku niemu. A że morze wszędzie ciąży, ku sródkowi ziemi C, zaczęm ciężkość ziemską przy d i e zmniejszać się musi, przez działanié, czyli pociąganié xiężyca, a tén samém słupy wodné przy d i e, nie mogą daleý równoważyć ze słupami przy A i B, chy-

Za co mo-
rza we
dwóch
miejscach
przeciwe-
głych
wznoszą
się, a
w dwóch
innych
przeciwe-
głych zni-
żają się,
czyli opa-
dają.

Fig. 154.

chyba podniosłszy się aż do D i E, przez to zaś ich podniesienie się, muszą się zniżyć słupy przy A i B. Linia bowiem AB jest prostopadła do DE przez środek C przechodzącą, a stąd odległość punktów A, B i środka C od księżycy, jest jednaka: a przy jednakićy odległości, jednakićy ich wszystkich ciężenie na księżyc, ciężenie więc punktów A i B ku środkowi C nie się nie odmienia przez działanie księżycy. Gdyby więc ziemia statecznie zachowywała toż samo położenie względem księżycy, i nie obracała się, morza nie mogłyby się ułożyć do równowagi podniosłszy się w punktach D i E przeciwniegle znajdujących się na linii przechodzącej przez środek ziemi i księżycy, a razem opadłszy w punktach A i B także wprost przeciwniegle sobie. Toż samo prawdziłoby się nie tylko na równiku AdBe, na którego płaszczyźnie uważamy teraz księżyc znajdujący się, ale też na wszystkich innych równoleżnikach ziemskich, lubo podnoszenia się i zniżenia wód coraz bardziej zmniejszałyby się ku biegunowi; gdyż za równikiem morza ukośnie zbliżając się lub oddalając od Księżycy, nie mogą przy równych okolicznościach do takićy wysokości pionowćy podnieść się, jak pod równikiem.

§. X.

Naywię-
ksze wy-

Obrót ziemi to sprawuje, że te pod-
noszenia się i odpadania morza, o których

do-

dopiero mówiliśmy nie są prostopadłe, a
zatem dzieie się wylęwu i odlęwu. Jeże-
li bowiem ziemia obraca się, albo co ie-
dno jest, jeżeli księżyc prawie we 24 go-
dzinach obiegając ziemię z L przychodzi
do M, i linia CM przecina morze w Ff,
widoczna jest, że woda co raz na innem
miejscu podnosić się będzie, a przeto pod
księżycem nie będzie mogła równoważyć
ale nieprzerwanie około ziemi biec
musi część Aff Oceanu ku d, a przeto
i woda pod księżycem znajdująca się w Ff,
nie przestaje biec, czyli płynąć w tym-
że kierunku, gdyż bieg ten raz sprawio-
ny, znowa ustać nie może. Przyspię-
sza się wprawdzie co raz bardziej ten
bieg między A i f, a zaś za f się opo-
źnia, z przyczyny przyciąganej wody
przez księżyc, jednakże za f nie co się
jeszcze utrzymuje, aż na koniec dla wię-
kszego co raz oddalenia się księżycy zu-
pełnie ustanie. Ale woda w AF pozio-
mo płynąc, razem też wznosi się, i kie-
runek takowćy biegu z linią do
środku C prowadzoną formuje kąt roz-
warty, kąt ten HFC jest naywiększy
w miejscu F pod księżycem, a za F co
raz się zmniejsza, tak jednak iż zawsze
zostaje większy od kąta prostego, czyli
CfN, a to z tćy przyczyny, że woda i
za F bardziej jest pociągana od księży-
ca, a niżeli środek ziemi C. Przeto nay-
większe podniesienie się Dd Oceanu jest
w tém

lewym mo-
rza są ku
stronie
wschodo-
wćy tego
miejsca
nad któ-
rćm się
księżyc
znajduje.

w tém miejscu D, gdzie ięgo bieg poziomy ku fd, zupełnie ustaie. Że zaś dla obrotu ziemi, i obrotu xiężycy ku wschodowi zdaie nam się, iż xiężyc obraca się około ziemi ku zachodowi w przeciągu 24 godzin $48\frac{3}{4}$ ' (Wstę. XII. 23.) wnieść więc należy, że miejsce najwyższe wylęwu D, zawsze iest oddalone od miejsca F pionowego położenia xiężycy, a to w stronę wschodnią; oddalenie to, iak nauczą doświadczenie, wynosi blisko 45 stopni.

§. XI.

Czasy wy-
lęwu i od-
lęwu mo-
rza.

Na każdym więc miejscu Oceanu prawie przez trzy godziny po przeysciu Xiężycy przez Południk dzieie się wylęw, przez trzy godziny po ięgo zachodzie odlęw, przez trzy godziny po przeysciu ięgo przez południk przeciwstopniowy (an, tipodum) powtórny wylęw, i przez trzy po wschodzie powtórny trwa odlęw. A tak tedy podnoszenie i opadanie morza codziennie dzieie się, a to bądź xiężyc znajduie się na płaszczyźnie równika, iakieśmy dotąd uważali, bądź na innym iakim równoleżniku. Jeżeli się xiężyc znajduie na równiku, który będąc kołem wielkim, przecina się z poziomym na dwoie, czasy wylęwu i odlęwu prawie zawsze będą równe, to iest 6 godzin i 12' (Wstę. VI. 13.), ale jeżeli się znajduie za płaszczyzną równika, we wszyst-
kich

kich miejscach za tymże równikiem, albo się dłużej bawi nad, niżeli pod poziomem, albo dłużej pod, niż nad poziomem. Stad tedy czasy wylęwów i odlęwów bydz muszą nierówne, chociaż zawsze we 24 godzinach i $48\frac{3}{4}$ ' po wylęwie znouu nastaię odlęw: nierówność zaś ta w miejscach, których szerokość nie iest znaczna, iest pomierna, ale w miejscach poblížszych biegunóm, iest coraż znaczniejsza, tak dalece, iż na koni. c Ocean w czasie 24 godzin $48\frac{3}{4}$ ' zdaie się raz tylko podnosić i opadać, ponieważ czasy szrodkujące między dwoma odlętami i wylęwem szrednim, tak są male, iż tych wcale dostrzedz nie można. A iako biegi te morza tém są słabsze, im bardziey się posuwaią ku biegunóm, (9) tak też nie dziw, iż one na koniec zupełnie postrzegane bydz nie mogą.

§. XII.

Wzbiierania i opadania morza w miejscach mało co rozciągtych między wschodem i zachodem, lub też w miejscach miałkich i wiele wysp mających pospolicie nie znaczne bywaią, co przypisac potrzeba niełatwemu spływaniu z opodal wód i ichże o ziemię tarcu osłabiającemu prędkość biegu wód. A jeżeli w których z nich daia się postrzedz iakokolwiek znaczne wylęwy i odlęwy, te pochodzą z Oceanu łączącego się z niemi, w któ-
F f rym

Nie wfszy-
skie mo-
rza jedna-
ko wzbię-
raie i opá-
daie, náy.
większe
mają wylę-
wy i odlę-
wy przy
brzegach.

rzym wzniesione wody, dążąc do równowagi spływają do nich przez ciążyny, i one podnoszą, po odlęwie zaś Oceanu, nazad się do niego powracają wody przez też ciążyny, i przez to sprawiają ich opadania. Wylęwy i odlęwy takowych morz największe bywają przy brzegach i większe częstokroć iak na morzach otwartych. Te bowiem biegi morza tak iak i wszystkie inne od ciężkości pochodzące, nie na samę tylko powierzchnię morza znajdują się, ale i wewnątrz. Morze więc ku brzegom nakształt rzeki skalami i występującemi brzegami, coraz bardziey ściska się, a tēm samem coraz bardziey się wznosi, aż na koniec na samych brzegach, gdzie wszystek bieg jego zastawia się, wznosi się do wysokości odpowiadającej jego prędkości, która częstokroć bywa znaczna.

§. XIII.

Xięzyc zdaie się codziennie obracać około ziemi na płaszczyźnie iakowęgoś równoleżnika n. p. Ad Be, którego szrodek C przypada na osi ziemi. Znajdując się więc, xięzyc na takowey płaszczyźnie za równikiem pociągać będzie morze w D i E nie już pionowo, ale ukośnie, a zatem morze przy równych nawet okolicznościach nie będzie mogło tak wysoko podnieść się pionowo, iak się podnosi pod równikiem, gdy xięzyc znajduje się na

na jego płaszczyźnie. Że zaś prawie cała oś ziemską jednak jest odległą od xięzyc, wody więc tēm wyżey wzniosą się, im odległość xięzyc od punktu C większa jest od odległości jego od punktu d, to jest, im większy jest promień równoleżnika Cd, bo tēm większa zachodzi różnica między ciężeniem ku xięzycowi punktów A, d, B, e, ale też zato i bieg poziomy wód około ziemi od wschodu ku zachodowi, tēm większy bydz musi, iako w jednymże czasie, tēm większe mieysce przebiegających. Ponieważ więc promień Cd, największy jest na samym równiku, przeto wylęwy i odlęwy morza, przy innych równych okolicznościach, większe bydz muszą pod czas znajdowania się xięzyc na równiku iak za równikiem a tēm mnieysze, im jego oddalenie się większe jest od równika. (Wstę. VI.) Stąd wyrozumieć można, za co wylęwy i odlęwy przy równych okolicznościach większe są, gdy jest xięzyc w doziemniku, a wtedy mnieysze gdy jest w odziemniku. Ciężkość bowiem pierwiastkowa ziemi ku xięzycowi, przez przybliżenie się do nię xięzyc, powiększa się, przez oddalenie się zaś zmniejsza.

§. XIV.

Gdyby ziemia nie ciążyła na słońce, lecz tylko na xięzyc, tedy wzbierania i opadania morza, żadną miarą nie mogły-

ca odległość od równika i od doziemnika.

Ziemia cięży także i na słońce.

by zależec od położenia księżycy względem słońca. Ale jeżeli ziemia cięży na słońce, to jest: jeżeli ją słońce pociąga, i jeżeli to pociąganie większe jest, jak pociąganie przez księżyc; tedy siła, która słońce chociaż najbardziej oddalone od ziemi porusza morza, znaczna być może. A że naucza doświadczenie, że przy równych okolicznościach wzbierania i opadania morza największe na Nowiu i Pełni (*Sizygijus*) w pierwszcy zaś i ostatniy kwadrze najmniejszy bywa, wniesć więc należy, że słońce pociąga ziemię, a to bardziej jeszcze jak księżyc. Jakoż pod czas pełni lub nowiu szrodek ziemi słońca i księżycy znajdują się w jednęcyż prawie lini prostey, a stąd też same części Oceanu dwoistą siłą, to jest od słońca i księżycy pochodzącą wznoszą się i opadają, zaś pod czas kwadr, części Oceanu, które księżyc podnosi pociąganiem swoim, słońce je zniża i przeciwnie: a przeto wtedy zbierania i opadania wód pochodzą tylko od różnicy zachodzący między siłą pociągania ziemi przez księżyc a siłą pociągania téżże ziemi przez słońce: a tém samém mnieysze bydz muszą jak w pierwszym przypadku. (Wstę. VI. 15.). Wzbierania zaś te i opadania największe, nie w sam dzień nowiu lub pełni przypadają, lecz trzema prawie dniami późniy. Ocean bowiem raz wzrzucony od księżycy i słońca, nie może

może razém stracić biegu swojego, chociażby księżyc i słońce razém przestali nań działać. Morze zatem za pomnożeniem się co raz większym siły słońca i księżycy, co raz wyżej się wznosi, a nawet nie przestaje wznosić się, chociaż siła ta już się poczyną zmniejszać: tak właśnie jak się dzieie z upałem słonecznym, który od wschodu słońca, co raz bardziej się natęża, nie pod czas południa, nie około trzeciý prawie godziny jest największy, chociaż na tén czas siła promieni słonecznych jest słabsza. W ogólnosci zaś powiedzieć można, że zbierania i opadania morza, nie równie mnieysze byłyby, jak bywa, gdy morze wzrzucone od poprzedzającego wyléwu pierwszy się uspokoiło, a niżeli drugie poczyną się.

§. XV.

Jeżeli wyléwy i odléwy morskie widocznie przekonywają, że słońce pociąga ziemię, łatwo też domyslić się można, iż bieg księżycy, bardziej jeszcze jak wzbierania i opadania morskie, zawisnąć powinien od działania nań słońca, gdyż różnica między odległością najmniejszą i największą księżycy od słońca wynosi prawie 120 promieni ziemskich, a przeto nie równie większa jest od różnicy między odległością powierzchni i szrodka

Bieg księżyca około ziemi zmienia się nieco przez ciążenie tegoż księżycy na słońce.

Fig. 155.

ziemi od słońca. Niech S wyraża szrodek słońca, T szrodek ziemi, a tak linia ST będzie na płaszczyźnie rocznokregu (*Ecliptica*) a ponieważ płaszczyzna drogi księżycy, przecina płaszczyznę rocznokregu pod kątem blisko 5° (Wstęp XII. 23) połowa więc drogi księżycy ALB nad rocznokregiem, a połowa AMB pod rocznokregiem przypada. Dajmy, że księżyc znajduje się w miejscu L, poprowadźmy linią LM przez T przechodzącą, słońce więc bardziej pociągać będzie księżyc zostający w miejscu L niżeli szrodek ziemi T, i przeciwnie bardziej będzie pociągać szrodek ziemi T, niż tenże księżyc w miejscu M znajdujący się. Siła LO, którą księżyc w L bardziej niż ziemia jest pociągany ku słońcu, ma kierunek LS, na płaszczyźnie więc przez LS przechodzący, a do płaszczyzny drogi księżycy prostopadły, może się ona rozebrać na siłę LN mającą kierunek przypadający na płaszczyźnie drogi księżycy, i na siłę NO, prostopadłą do téż płaszczyzny a wprost ległą względem płaszczyzny rocznokregu. Podobnie siła MQ, którą księżyc mniemy, a niżeli ziemia jest pociągany od słońca, a przeto która jest nagłony ku MQ, rozebrać się może na siłę MP, znajdującą się na płaszczyźnie drogi Księżycy, i na siłę PQ prostopadłą do téż płaszczyzny i razem wprost ległą względem płaszczyzny

znych rocznokregu. Zaczem księżyc w obu stronach swęj drogi, jest iakoby ciągniony do płaszczyzny rocznokregu, a tém samym jego szerokość zmniejsza się (Wstęp XII. 22.). Z czego się pokazuje, że księżyc bądź znajduje się w części swęj drogi wprostległy względem słońca, bądź tam gdzie jest miejsce nowiu, bądź w stronie przeciwległy, gdzie miejsce pełni szerokość jego przez pociąganie słońca prędzej niknie to jest, prędzej księżyc przychodzi do węzła (*nodus*) swego (Wstęp XII. 42.) a niżeliby przyszedł, gdyby słońce nań nie działało; przeto węzeł, do którego dąży księżyc z jednéj strony zawsze ku miejscu nowiu, z drugiéj ku miejscu pełni, iakoby posuwa się.

§. XVI.

Dajmy, że na drodze księżycy punkta A i B są miejscami kwadr a zaś C i D miejscami nowiu i pełni, skąd następujące wypadają uwagi 1^o Jeżeli węzły przypadają w samych punktach A i B, gdy księżyc przebiega łuk ACB węzeł B uchodzi ku C, a przez to samo cofa się, gdy zaś księżyc przebiega łuk BDA tedy węzeł A cofa się ku D (15.); zaczem w tym razie węzły przez cały czas obrotu księżycy cofają się, to jest, postępują wspan znaków niebieskich, lubo sam księżyc zawsze porządkiem tychże znaków postępuje. 2^o Jeżeli węzły przypadają w punktach G, H, a księżyc prze-

Cofanie się
węzłów
księżycy.

Fig. 156.

przebiega łuk AG tedy węzeł G uchozi ku C, a przeto postępuje; gdy zaś księżyc kryśli łuk CB, tedy węzeł H zbliża się do C a tén samém się cofa; gdy znowu księżyc przebiega łuk BH tedy węzeł H, przybliża się ku D; a zatém postępuje, a gdy księżyc ténże przebiega łuk HDA, tedy węzeł G zbliża się co raz bardziey ku D, a zatém się cofa. Że zaś łuki GCB, HDA, większe są od łuków AG, BH, przeto cofanie się węzłów jest większe niżeli ich postępowanie. 3^o Jeżeli węzły przypadaia w punktach E, F podobnież przekonac się można, iż w tym także razie, gdy księżyc przebiega łuki ACF, BDE węzły się cofaia, a postępuia, gdy księżyc przebiega łuki EA, FB a przeto więcey się cofaia, iak postępuia 4^o Jeżeli nakoniec węzły przypadaia w samych punktach nowiu i pełni C i D, wtedy też węzły wcale biegu nie maia, gdyż pod czas biegu księżycza przez łuk CB, węzeł D musi zbliżyć się do C, a pod czas biegu ięgo przez łuk równy tamtemu BD znowu od tegoż punktu C oddalic się: a tak na miejscu swoim D zostacie. Co prz konywa że w przeciągu roku każdego węzły księżycza zawsze się cofaia przez pewna ilość łuku, i Newton okazał, którego nadzwyczajnému dowcipowi winniśmy najpierwsze odkrycia rzetelnych prawideł ciał niebieskich, że węzły w rzeczy saméy co rocznie tylé się cofa-

cofaia, ile się cofac powinny podług praw działania słońca na księżyc. Cofaia się zaś corocznie, iak naucza doświadczenie, przez $19^{\circ} 19' 43''$ na cofnięcie się zaś węzłów przez całą drogę księżycza potrzeba 18 lat 214 dni 4 godzin 45 minut.

§. XVII.

Taż sama siła słońca na płaszczyznę drogi księżycza prostopadła która węzły księżycza cofa, zmieniá też pochyłość ięgo płaszczyzny do rocznokregu. Księżyc bowiem będąc ustawicznie pociągany z płaszczyzna swoią od słońca nie może zupełnie po nięý obrotu swęgo odhywać. Wszakże tak mało od nięý odchodzi, iż uważac można, iakoby zawsze na tęże saméy płaszczyźnie obracał się, a tylko płaszczyzna ta miała iakowys bieg mały. Niech BE wyraża płaszczyznę rocznokregu, i niech ią rzeczona płaszczyzna księżycza przecina pod kątem LAD, a to wtedy, gdy księżyc znajduje się w L, i co raz bardziey oddala się od rocznokregu. Ponieważ księżyc po swéy płaszczyźnie bieząc ku M, przez działanie słońca pociągany iest do rocznokregu na mięyscé N: płaszczyzna więc ta iakoby wzruszona będzie przy L, biorąc położenie NIB, w którym położeniu przecina płaszczyznę rocznokregu, pod kątem LBD mnieyszym, niż przedtém. Ale iężeli księżyc z drugiey strony, co raz bardziey znowu zbliża się do rocznokregu, i wę-

Odmiana
pochyło-
ści drogi
księżycza.

Fig. 157.

i węzła swojego, i jeżeli płaszczyzna drogi jego przecina płaszczyznę rocznokregu pod kątem HEA, wtedy kiedy on tam znajduje się w H: jawna rzecz jest, że ta płaszczyzna drogi jego z przyczyny działania słońca jakoby przejdzie z HF na HG, a tém samém przetnie wtedy płaszczyznę rocznokregu pod kątem HDA większym niż przedtem. Skąd się wnosi, że pochyłość drogi księżycowej zmniejsza się przez pociąganie słońca, kiedy księżyc wyszedłszy z węzła swojego co raz się bardziej oddala od płaszczyzny rocznokregu: powiększa się zaś znowu, kiedy się zbliża do płaszczyzny rocznokreowej. Odmiana ta pochyłości drogi księżycy, co do wielkości swojej odpowiadać musi mocy, którą księżyc ku rocznokregowi jest nagłonym, to jest, najmniejsza wprost położeniu, czyli pod czas nowiu i pełni, jeżeli węzły przypadały w miejscach kwadr: największa zaś zawsze będzie, jeżeli węzły przypadały w samych punktach prostopłożenia (*in Syzygiis*), gdyż wtedy działanie słońca nie może ani poruszyć węzłów, ani zmniejszyć pochyłości drog księżycy. Nauca zaś doświadczanie, że odmiana ta pochyłości drogi księżycowej jest między $4^{\circ} 58'$ i $5^{\circ} 17' 30''$ jaka właśnie i z rachunku wypada.

§. XVIII.

§. XVIII.

Widzieliśmy już, co za skutki sprawia siła, NO lub PQ, przypatrzmy się teraz siłę LN będącą na płaszczyźnie drogi księżycowej. Siła ta może się rozebrać na dwie inne siły jako to LR kierunku styczny i LC prostopadły do téż stycznej: pierwsza z nich o zmniejsza prędkość biegu księżycy i dla tego nazywa się siłą zmiany jego (*vis variationis lunae*) druga zaś już go zbliża, już oddala od ziemi, a zatem odmięnia onegoż mimoszrod, którą to odmiana nazywa się wyruszeniem księżycy (*evection lunae*). Odstępy księżycy (*absides*) nie jako porządkiem znaków niebieskich corocznie uchodzą przez $40^{\circ} 39' 52''$ tak dalece, iż całą drogę tegoż księżycy przebiegał w przeciągu 8 lat 309 dni 8 godzin 37' 30". Linia więc krzywa, którą księżyc opisuje około ziemi nie jest Ellipsa, ale się brać może, za Ellipsę, którejby mimoszrod i linia węzłów co raz się odmięniała. Wszystkie zaś nierówności biegu księżycy odpowiadające różnym odległościom ziemi i słońca od księżycy, tak jasno oznaczyć się mogą z ogólnych praw powszechnych ciężkości przez Newtona odkrytych, iż rachunkiem wyznaczony bieg księżycy zupełnie się zgadza z biegiem onegoż prawdziwym, to jest tym, o którym najdokładniejsze dostrzegania nas zapewniały.

§. XIX.

Siła zmiana i wyruszenie księżycy (*vis variationis lunae*).

Fig. 155.

§. XIX.

Różne
miesiące
Dwugład
poziomy
księżycy.

Z tego, co poprzedziło, zrozumieć można, za co Astronomowie rozróżniają miesiące, i tak: 1^o Miesiąc obieźny (*Mensis periodicus*) czyli czas, w którym księżyc przebiega długość 360° rachowanych od pierwszego punktu znaku barana; czas ten wynosi 27 dni, 7 godzin, 43' 5". 2^o Miesiąc gwiazdowy (*Mensis sidereus*), czyli czas, w którym księżyc powraca do takiej gwiazdy stałej; trwałość czasu tego, różni się od miesiąca obieźnego, iak niżej zobaczymy, a to z przyczyny cofania się punktów porównań dnia z nocą (*precessio aequinoctiorum*) zamyka on w sobie 27 dni 7 godzin 43' 12" (Wstęp XII. 25.) 3^o Miesiąc dobieźny (*Mensis Synodicus*) czyli przeciąg czasu od jednego złączenia księżycy ze słońcem, aż do drugiego złączenia następnego; i ten wynosi 29 dni 12 godzin 44' 3". 4^o Miesiąc wstępny (*Mensis anomalisticus*) w którym księżyc wyszedłszy od odziemnika (*apogaeus*), znowu się doń powraca: ma on 27 dni 13 godzin 18' 35". 5^o Miesiąc węzłowstępny (*Mensis draconiticus*), w którym księżyc wyszedłszy z węzła wstępnego (*Nodus ascendens*) do niego powraca: ma on 27 dni 5 godzin 6' 56". Dwugład zaś poziomy księżycy najmniejszy jest 53' 53" a największy 61' 25". Skąd łatwo okazać można, iż odległość księżycy od ziemi najmniejszą 55, 9, największą

większą 63, 8. promieni ziemskich wynosi.

§. XX.

Tę same zawsze plamy postrzegamy na księżycu, musi więc on jedna zawsze stroną ku nam być obróconym, a zatem w czasie 27 dni 7 godzin 43' 12" raz obiegając swoją drogę, musi też raz obracać się około osi swojej. Iakoż jeżeli T jest miejscem ziemi, księżyc znajdując się w miejscach C, E, D itd. nie mógłby zawsze jedną stroną A ku ziemi być obrócony, gdyby razem nie obracał się około osi swojej. Nauczając zaś postrzegania dokładne plam, iż oś obrotu księżycy zawsze jest sama sobie równoległa, i prawie prostopadła do płaszczyzny rocznego, sam zaś obrot koło téj osi jest jednostajny, co dowodzi, że księżyc siłą swoją, którą nazwaliśmy upornością obracać się około osi wolnej. Wszakże plamy jego zdają się czasem zbliżać się do jednego brzegu tarczy onegoż, a czasem od tegoż brzegu odsuwać się, i przy tém nowe niektóre plamy przy brzegach okazują się, a niektóre z dawnych nikną z oczu. Ruch ten mały, przez który plamy zdają się posuwać i cofać, nazywa się ważeniem się księżycy (*Libratio lunae*). Ważenie się zaś to szczególnie stąd pochodzi, iż księżyc jednostajnie obracając się około osi swojej, nie jednostajnie bie-

Ważenie
się księ-
zyca (*libra-
tio lunae*)

Fig. 158.

ży

ży po Ellipsie, w której ognisku znajduje się ziemia T. Jeżeli bowiem linia FE jest prostopadła do CD, więc czasu potrzebuje na przebieżenie łuku CE, niż ED, a przeto przychodząc do E, nie czwartą ale większą część obrotu swojego około osi odbywa, a tak tedy płaszczyzna rozdzielająca półkole A i B nie jest prostopadła do linii FE, ale się zawsze widzieć daje z ziemi to półkole księżycy, które się oddziela od drugiego połowy płaszczyznę prostopadłą do linii łączącej szrodki ziemi i księżycy. I dla tego to pod czas znajdowania się księżycy w E postrzegamy nowe jakieś plamy ku G, i razem ku H, nikną te, które przedtem widzialne były, gdy księżyc znajdował się w A.

ROZDZIAŁ V.

o rocznym biegu ziemi.

§. I.

Ponieważ wzbięcia i opadania morskie, dostatecznie przekonywają, że słońce pociąga ziemię, byż więc może, iż nie słońce około ziemi, lecz ziemia około słońca obraca się tą samą siłą, którą i wszystkie inne planety około niego obracają się (Roz. IV. 2. i 6.), a przeto że bieg słońca po rocznokregu jest tylko pozorny. Je-

żeli

żeli bowiem szrodek ziemi opisnie na płaszczyźnie rocznokregu koło ABC około szrodka słońca S: widzicie będziemy słońce w znaku ~~☉~~ kiedy ziemia znajduje się w A, potem w ~~☉~~ kiedy ziemia jest w B, dalej w ~~☉~~ kiedy ziemia jest w C i t. d, a tak bieg ziemi od zachodu na wschód, którego czuć nie możemy, to sprawuje, iż słońce w tymże samym kierunku, to jest, od zachodu na wschód zdaje nam się obracać po rocznokregu niebieskim. Można też takowym sposobem wytłumaczyć wysokość południową słońca, która przez cały rok ustawnie się odmięnia. Szrodek bowiem słońca i ziemi zawsze się znajduje na płaszczyźnie rocznokregu, płaszczyzna zaś rocznokregu przecina płaszczyznę równika pod kątem $23^{\circ} 28'$: i linią takowego przecięcia się jest linia prosta łącząca pierwszy punkt barana z pierwszym punktem wagi (Wstę. XII. 20), skoro więc patrzącemu z ziemi w miejscu A lub D znajdującemu się pokazuje się słońce O, na jednym z tych punktów linia AD będzie linią przecięcia płaszczyzn rocznokregu i równika. Gdybyśmy więc ziemię znajdującą się w A lub D przecięli płaszczyzną prostopadłą do AD, a zatem i do płaszczyzny równika, tedy oś ziemi SN będąc prostopadłą do płaszczyzny równika, znajdować się musi na owej płaszczyźnie prosto-

Fig. 160.

Bowodli-
wa jest, że
ziemia o-
braca się
około
słońca.

Fig. 159.

stopadły do AD. A że płaszczyzna ta, oddziela część oświecona ziemi od nieoświeconej: przeto kiedy ziemia znajduje się w A lub D, to jest, pod czas porównania dnia z nocą połowa ziemi od jednego bieguna aż do drugiego od słońca jest oświecona, i na każdym ich miejscu 12 godzin jest dnia i 12 nocy. Jeżeli zaś GL jest linią prostą do linii AD przez O przechodzącą, tedy oś SN która zawsze w biegu swoim zachowuje równoległość do siebie, najbardziej jest nachylona do płaszczyzny przechodzącej przez środek ziemi a prostą do linii GL: a zatem część oświecona ziemi w G, najdalej za biegun północny N, w L zaś za biegun południowy S rozciąga się, to jest, kiedy ziemia przebiega łuk AGD wtedy mamy lato, a kiedy przebiega łuk DLA, wtedy mamy zimę.

§. II.

Bieg więc ziemi roczny, arcy jest dowodliwy; ponieważ przez niego wszystkie zjawczyli fenomena biegu pozornego słońca łatwo wytłumaczyć można, ale jeszcze dowodliwszym i prawie pewnym się staie, mając wzgląd na owe różne i nieforemne krzywizny linii, niby kręśloné od planet na niebie zdających się już postępować już cofać. Biegi te pozorne a tak osobliwe, łatwo wyrozumie możemy przypuściwszy obrot ziemi około słońca,

Biegi pozorne planet najdowodliwiej okazują obrót ziemi około słońca.

ca, i ta to jest celniejszą przyczyną, dla której Mikołaj Kopernik pierwszy zaprzeczył bieg słońca około ziemi. Niezmienna zaś odległość gwiazd stałych, jest przyczyną, że żadnej różnicy w ich położeniu (choćby przez najlepsze narzędzia) żadnego dwugłędu pochodzić mogącego z rzeczonoego obrotu ziemi (Wstęp XII. 29) upatrzeć nie można, w różnych, nawet porach roku czyniąc postrzegania. Gwiazdy bowiem stałe, widziane przez najlepsze przezierniki, (to jest takie, które bardzo powiększają obrazy słońca i planet,) wydaia się tylko iakoby punkta: a zatem muszą być nierównie odleglejsze od ziemi niżeli słońce i planety (Wstęp XII. 34.). A przeto nie mogą być tak oddalone od nas, iżby cała droga ziemi około słońca była iakoby punktem tylko względem ich odległości? To zaś przypuściwszy przyznać potrzeba, że linie proste ze środka ziemi w różnych miejscach drogi swęj znajdujące się prowadzone do którejkolwiek gwiazdy stałej, zawszebrane być mogą za równoległe od siebie, to jest dwugład obiegu rocznego gwiazd stałych, czyli kąt zawarty między liniami prostymi wychodzącymi ze środka ziemi na różnych miejscach swęj drogi znajdujące się, prowadzonymi do iednójże gwiazdy stałej zawsze, tak jest mały, iż przez najdokładniejsze narzędzia nie może być oznaczony.

Gg

§. III

§. III.

*Zboczenie gwiazd, o-
kazuje bieg
roczny
ziemi.*

Bieg roczny ziemi około słońca naj-
pewnięć okazany być może przez nie-
iakić biegi pozorne gwiazd stałych, cho-
ciż bardzo małe, którym pierwszy *Brad-
ley* Anglik naznaczył za przyczynę bieg
postępny światła. Światło bowiem acz
niezmiernie prędko rozchodzi się, z tém
wszystkiem upływać musi iakiś czas, a
niżeli od gwiazd aż do nas dojdzie. Ale
tę i ziemia czyniąc obieg roczny około
słońca, musi biec bardzo prędko, dla
bardzo wielkiej odległości swojej od te-
goż słońca; stąd wypada, że prędkość zie-
mi bieżący po swęj drodze nie jest nie-
skończenie mała względem prędkości
światła, lecz ma do niej pewny iakiś stó-
sunek. To zaś przypuszcwszy, łatwo się
okazuje, iż my po większą część nie
możemy widzieć gwiazd w ich miej-
scach właściwych, jeżeli ziemia obraca się
około słońca. Niech bowiem ziemia znaj-
duje się w D, gwiazda zaś iaka na linii
DF przedłużonej: niech FE wyraża oś
przeziernika, (tubus) a jasno się okaże,
że światło przebiegając oś choćby naj-
mniejszą tego przeziernika, do tego ie-
dnak potrzebuje czasu choć bardzo krót-
kiego, a zatem ten czas może się podzielić
na więcej części równych. Niech
więc światło w przeciągu pierwszćj czę-
ści czasu t, przebiega część osi FI,
w prze-

Fig. 161.

w przeciągu drugićj części czasu jednego
niech przebiega IL, w trzecićj LE i t. d.
a będą części te osi równe, ponieważ
światło podług doświadczenia jednostajnie
postępuje. Poprowadźmy teraz z punktów
I. L. E i t. d. linie IG, LH, ED i t. d. ró-
wnoległe do styczney punktu D, drogi, któ-
rą ziemia kreśli. Jeżeli więc ziemia w D
ma taką prędkość, iż nią w czasie t prze-
bieść może IG, tedy przebieży LH w cza-
sie 2t, ED w czasie 3t i t. d.; a tak ieże-
li oś przeziernika ma położenie FE i
światło na początku czasu t znajduje się
w F, tedy punkt I osi przeziernika, bę-
dzie na ten czas w G, gdy światło do
tego punktu przychodzi, punkt zaś L, bę-
dzie w H, a punkt E w D i t. d., gdy świa-
tło przejdzie do H i D i t. d.; słowem,
światło przebieży oś samą przeziernika,
kiedy ona ma położenie FE lub MD, gdzie
FE jest równoległa do MD. Przeto gwia-
zda nie będzie widziana na linii DF, gdzie
w rzeczy samćj znajduje się, lecz na linii
DM, to jest nie w miejscu sobie właści-
wem.

§. IV.

Jeżeli zatem gwiazda stała znajduje
się na samym biegunie Rocznołreku, to
jest na linii NS prostopadłej do płaszczy-
zny tegoż rocznołreku ADB, (gdzie S ozna-
cza srzodek drogi ziemi) linia DF dla
niezmiernćj odległości gwiazd stałych bę-

Co jest
zboczenie
(aberratio)
gwiazd.
Fig. 161.

Gg 2

dzie

dzie prostopadła do płaszczyzny ADB, a przeto gdy ziemia znajduje się na D, gwiazda widziana będzie na linii SO równoległej do DM, acz w rzeczy samej tam się nie znajduje. Kiedy znowu ziemia z miejsca D. bieży dalej po swęj drodze, linia SO ruszać się będzie po powierzchni ostrokągu prostego, którego osią NS; a tak gwiazda stała w przeciagu Roku zdawać się będzie opisywać około bieguna Rocznoługu małe koło promienia pozornego OSN. Lecz jeżeli gwiazda nie jest na Rocznoługu, ani nawet na jego biegunie, łatwo dowieść można, że ięj widzialna droga nie jest zupełnie koleista ale Elliptyczna. Gdy zaś gwiazda znajduje się na Rocznoługu, chociaż zawsze na nim statecznie widziana będzie, ale zdawać się będzie raz, że idzie wprost, drugi raz że się cofa. Wszystkie te pozorné biegi (które zboczeniami gwiazd nazywają) z następnego postępowania światła wynikające, w rzeczy samej (tak iakęśmy powiedzieli) na niebie się dzieją. Pewną zatem jest rzeczą i dowiedzioną, że ziemia około słońca bieg swój odprawia, po drodze prawie kołowej: bogdyby spoczywała, na ten czas niepostrzegalibyśmy gwiazd zboczenia.

§. V.

Sposób

Prędkości światła następującym sposobem dochodzą. Rzekio się wyżej, że

że Jowisz ma 4 Xiężyce, z których pierwszy jest najbliższy Jowisza, w przeciagu $42\frac{1}{2}$ godzin drogę swoją obiega i raz się cmi w cieniu swęgo Planety. Takich więc zaćmień 16 do 17 każdego miesiąca zdarza się, których albo początek widzimy gdy ziemia coraż bardziey zbliża się do Jowisza, przez część drogi swęj DAE, albo koniec, gdy ziemia od Jowisza się oddala, przez część drogi EBD. Tak albowiem xiężyce F jest blizki Jowisza, iż gdy albo zanurzenie się ięgo w cień Jowisza w H z punktu A widzisz wychód w G, albo gdy wychód w G widzisz z punktu B, zanurzenia się ięgo w H widzieć nie możesz, gdy Jowisz zaćmiany. Jest zaś ziemia najbliższa Jowisza w E, to jest w punkcie przeciwległości (oppositio) Jowisza ze słońcem (Wstęp XII. 25.) a najbardziey oddaloną w D, w złączeniu Jowisza ze słońcem, przeto i szrednica widzialna Jowisza, daleko większa w przeciwległości niz w złączeniu. Różnica zaś obu odległości szrednicy drogi ziemi, albo podwójnę odległości ziemi od słońca. Lecz gdy ziemia zbliża się do Jowisza przez łuk DAE przeciagi czasu między zanurzeniami pierwszego xiężyca Jowisza, zawsze są mniejsze niż między wynurzeniami ięgo, gdy ziemia oddala się od Jowisza; a ta różnica cza-

dochodzą
nia prę-
kości świa-
tła przez
zaćmienia
xiężyców
Jowisza.

Fig. 162,

sów

sów tém znaczniejszą się okaże, kiedy liczbę 30 albo 40 zanurzeń porównywać będziemy z biorem tyłuż wynurzeń. Pierwszy Romerus doszedł, iż przyczyna tęg nierówności jest postępné rozchodzenie się światła. Gdy bowiem ziemia zbliża się do Jowisza, światło co raz mniej czasu potrzebuje, ażeby doszło do ziemi, a zatem zanurzenia prędzej się dostrzegają, niżby widziane były, gdyby ziemia w jedném miejscu stała: przeciwnie się zaś dzieje w wynurzeniach tychże xieżyców. Nierówności zaś czasu, kiedy jest największa dochodzi do 15' albo 16' idzie zawsze za stósunkiem odległości Jowisza od ziemi. Z tych tedy dostrzeżeń Astronomowie wniesli, że światło 15' albo 16' potrzebuje czasu do przebieżenia średnicy drogi ziemskiej, a w przeciągu 8' przechodzi promień czyli pół średnicy to jest przeciąg odległości słońca od ziemi, i to prawie zawsze iednostaynie. To zaś przypuszczenie względem pierwszego xieżyca tak się z doświadczeniem zgadza, iż i innych także odleglejszych od Jowisza xieżyców czasy zaćmienia na tymże samym fundamencie z tablic do tego przygotowanych oznaczyć możemy.

§. VI.

Ponieważ ziemia całą swą drogę w przeciągu blisko 365 dni i 6go odprawy gwiazd pochodzi wia to jest przebiega 360°, stąd wypada, że ona

że ona w czasie 8' przez łuczek 20" swojej drogi postępuje. Jest zaś średnia odległość ziemi od słońca 23708 promieni średnich ziemskich (Wstęp XII. 40.) a stósunek promienia do obwodu koła = 1: 6,283. Zaczem łuczek drogi ziemskiej

$$20'' \text{ zawiera } \frac{23708 \times 6.283 \times 20}{360 \times 60 \times 60} \text{ średnich}$$

promieni ziemskich, jest zatem prędkość ziemi do prędkości światła, iak wielkość iey łuczka 20" do 23708 (5.) albo iak 6,283: 360 × 180 = 1: 10313. A że gdy iaka gwiazda jest na biegunie rocznokregu trójkąt FED jest prostokątny, będzie FD: DE. czyli prędkość światła do prędkości ziemi na swęj drodze, iak 1 czyli wstawa cała, do wstawy DFE, albo do wst: NSO. Przeto 1: wst: NSO = 10313: 1 = 1: 0,00009696. Jakoż w samęj rzeczy kąt NSO = 20," tylin się okazał przez najlepsze dostrzeżenia; z czego się iawnie okazuje, że zboczenie gwiazd pochodzi od postępnego biegu światła, a zatem że ziemia krąży około słońca.

§. VII.

Ziemia bieg swój odprawiając około słońca kręśli Ellipsę, której ogniskiem jest srzodek słońca. Jeżeli bowiem B i C są punkta iakiékolwiek względem srzodka ziemi, stósunek linii SB, SC może bydź oznaczony przez stósunek średnic wi-

Ziemia
krążao o-
koło słoń-
ca kręśli
niedorzu-

dział-

nią czyli
Ellipsę.

Fig. 163.

działnych słońca, dostrzeganych z mięysce C i B. Jest bowiem SB do SC jak średnica widzialna słońca widziana z C, do średnicy jego pozorny widzianą z B, ponieważ wstawy małych kątów są w stosunku samychże kątów, zaczęm średnica widzialna jakiejkolwiek gwiazdy w tym stosunku się zmniejsza w jakim się powiększąicy od nas odległość (Wstęp XII. 28.). I tak też przez dokładne dostrzeżenie przekonano się, że ziemia biegnie swój odprawia po Ellipsie, mało od koła różniący się, który ognisko jest w słońcu, gdyż za świadectwem doświadczenia pola (areae) od promienia wodzącego przebyte n. p. CSB, CSA zawsze są w stosunku czasów, w których ich łuki BC, AC bywały przebiegane; ziemia zatem bieży ciągnąc na słońce (Roz. IV. §. 6.). Ze stosunku zaś dostrzeżonego największy i najmniejszy wielkości średnicy niepozorny Słońca wynika stosunek między odległościami AS i BS odstępów A i B od słońca, to jest stosunek 0,983198 do 1, 016802; a że ziemia w swoim odsłoneczniku B czyli w największy swojej od słońca odległości jest w ostatnich dniach Czerwca lub 1go Lipca; zaś w swoim dosłoneczniku A czyli najbliżej słońca, jest w ostatnich dniach Grudnia, stąd się pokazuje, że słońce bliższe jest nam w zimie, niż w lecie; a że ziemia tym prędzej bieży, im bliżcy

bliżej jest środka S sił (Roz. IV. §. 7.) łatwo więc zrozumiemy, dla czego przeciąg czasu między porównaniem dnia z nocą jesienią a wiosną 7 albo 8 dniami krótszy jest od przeciągu czasu między porównaniem dnia z nocą wiosną i jesienią; a w ogólności dochodzimy stąd przyczyny, dla czego przeciąg czasu, w którym słońce powraca do swego południka nie zawsze jest jednakowy, to jest co na jedno wychodzi, że dni czasem są dłuższe, czasem krótsze.

§. VIII.

Ponieważ sięgając na ziemię, a ziemia na sięgając, oba zaś te ciała na słońce ciągną, kiedy prócz tego widzimy, że wszystkie ciała ziemskie ciągną na ziemię; bardzo do-
wodliwa jest rzecz, że ciężkość jest wszystkim ciałom właściwą, a zatem że jest jakąś siłą powszechną, której nie znamy jednak przyczyny. I tak każda pierwiastkowa cząstka ciała n. p. A na inną n. p. B taką wywiera ciężkość, jaką wzajemnie B na A, gdyż doświadczenie nas uczy, że siła ciężkości w ciałach ziemskich równie nadana jest każdej w szczególności cząstce (Roz. II. §. 1.); jedna zatem cząstka od drugiej równą siłą bywa pociągana. Lecz jeżeli A jest punkt fizyczny złożony z pierwiastków, tedy pociągnie pierwiastek B siłą, która ma się do siły, jaką od tej części pociągany jest iak

Ciężkości
powsze-
chné.

jak n. p. Ogólnie zaś mówiąc, dwa punkta fizyczne, których miąższosci są P i Q, tak na siebie wzajemnie ciążyć będą, że każdy pierwiastek miąższosci n. p. Q będzie pociągany do miąższosci n. p. P, siłą v, i każda cząstka miąższosci P, do miąższosci Q siłą f, a zatem będą siły pierwiastkowe (*vires elementares*) $v: f = P: Q$. Jeżeli zaś miąższosci P i Q bliższy do siebie przystępują, ciążenie ich ku sobie wzajemnie się powiększa w stosunku spazycznym kwadratowemu odległości (Roz. IV. §. 2.). Ogólnie więc jest ciężkość powszechna pierwiastkowa (*elementaris*) w stosunku prostym miąższosci, a w stosunku wspanczym kwadratowemu odległości od tęg że miąższosci. Z tęg powszechnę prawdy czyli zasady (*principium*) nie tylko biegi ciał Niebieskich tłumaczone być mogą, ale i wzajemne ciążenia, które na siebie wywierają: każdy bowiem tę zasadę przypuściwszy, łatwo zrozumieć, dla czego ciała ziemskie zdają się tylko na samę ziemię ciążyć, bo ponieważ miąższosc ziemi prawie jest nieskończonie wielką względem miąższosci ciał ziemskich (Roz. III. §. 5.) i gdy ta ustawicznie je do siebie pociąga, zatem i siła, którą je pociąga, przewyższa nieskończonie siłę tęg, którą ciała nawzajem się pociągają. A zatem dziwno byłoby nie powinno, że skutki tęg ostat-

ostatnięj siły, nie są częstokroć widoczne; wszelako na wielkich bardzo górach doświadczone, że tęg pociągają mniejsze ciała (o czém wyżej namieniliśmy (Roz. III. §. 2.)) a stąd owa ciężkość powszechna w wszystkich ciał na siebie oczywiście się potwierdza.

§. IX.

Niech będą ADE, ABC ostrosłupy iednorodné i podobné, podstawy koliste DE i EC mających, i szrodek w A, i kąt DAE = BAC, tak ażeby podstawy DE, BC były w stosunku kwadratów odległości od wierzchołka A; łatwo zrozumieć można, gdy wszystkie punkta na BC równo, i wszystkie na DE także równo są odległe od A, że punkta A będący podług kierunku osi obudwóm ostrosłupóm wspólne, będzie pociągany od samęj powierzchni DE siłą v, a od samęj powierzchni BC siłą f, tak ażeby $v: f$ było w stosunku prostym miąższosci DE i BC a w odwrótnym kwadratów z odległości (8.). Lecz jest $DE: BC = AD^2: AB^2$. Zatem $v: f = [AD^2: AB^2]$. $[AB^2: AD^2]$ więc $v = f$. Podobnież okazać można i względem inszęj iakiey podobnéj płaszczyzny FG, między DE i BC będącęj, że ciężkość punktu A będzie = f. Całkowite zaś ostrosłupy ADE, ABC mogą być dzielone na podobné płaszczyzny fizyczne, i liczba ich w jednym ostrosłupie będzie się miała do licz-

Ciążenie
iskiego
punktu na
ostrosłup.

Fig. 164.

by

by takię w drugim ostrosłupie iak AD : AB . Zaczęć siły pierwiastkowe ciężkości punktu A na całkowite ostrosłupy są $= f. AD: f. AB = AD: AB$ a siła pierwiastkowa ciężkości punktu A na ostrosłup ścięty $DBCE = f. DB$, tak iż punkt A równie cięży na ostrosłup całkowity ADE i na ostrosłup ścięty $DBCE$, ieżeli $DB = AD$.

§. X.

Ciążenie
na kulę ie-
dnorodną.

Fig. 106.

Stąd łatwo zrozumięć, ieżeli C i O są szrodkami kul jednorodnych, że te od półkul DAE , FBG podług linii prostych CA , OB na DE i FG prostopadłych, będą pociągane siłami będącemi w stosunku promieni CA , OB . Podzieliwszy bowiem kulę na ilekolwiek ostrosłupów równych, toż samo uczyniwszy z drugą, można pokazać, że w każdym dwóch z osobna stosunek ciężkości jest $= CA: OB$ (9.). Ale ieżeli podstawy tych ostrosłupów są punktami fizycznymi, a są nieskończenie małe, każdy iakikolwiek inny punkt za szrodkiem kuli C albo O , za wierzchołek ostrosłupów albo za szrodek wzięty byż może, z którego te podstawy są wykreślonę, kiedy zaś na powierzchniach obydwóch kul, jednakową liczbą podstaw równych się mieści, łatwo pokazuje się, że podstawa iakakolwiek na jedney kuli, jest do podstawy jakeykolwiek drugiey kuli, w stosunku całkowitych

tych powierzchni, to jest w stosunku kwadratów ze szrodku. Niech więc przez szrodki C , O , poprowadzonę będą linie SM , RN , i niech będzie $CA: CM = OB: ON$, a iasno się okaże, iż pod kątem iakimkolwiek n. p. $HAS = SAT = IBR = RBQ$ poprowadziwszy linie AH , AT , i BI , BQ iako też linie MH , MT , i NI , NQ . Obie kule tym sposobem podzielić można na równą liczbę ostrosłupów niezmiernie małych, których wierzchołki schodzą się będą w punktach M i N albo w punktach A i B , a ich podstawy iako też podstawy H , I , ostrosłupów MH , NI , albo AH , BI będą w stosunku $\overline{AC}^2: \overline{BO}^2 = \overline{AH}^2: \overline{BI}^2 = \overline{MH}^2: \overline{NI}^2$. Będzie zatem ciężkość punktu A na ostrosłup AH , albo AT do ciężkości punktu B na ostrosłup BI albo BQ , iak $AH: BI$ (9.) $= AC: BO$: a ciężkość punktu M na ostrosłup ścięty LH albo VT do ciężkości punktu N także na ostrosłup ścięty PI lub XQ , iak $LH: PI = AC: BO = MC: NO$. A że siły, przez które pociągany iest punkt M albo N , w kierunku MH , MT albo NI , NQ , rozebrać się mogą na siły MS , TS , i MS , HS albo NR , QR , i NR , IR , z których dwie w kierunku TS , HS , albo QR , IR są sobie przeciwnę, i wzajemnie się niszczą: pozostałe zaś siły kierowane ku szrodkom C i O są w stosunku $MS: NR = AC: BO$, a zatem punkt M od ostrosłupów LH i VT ku szrodkowi C , a punkt N od ostrosłupów

stupów podobnych PI: XQ ku środkowi O jest pociągany, siły zaś które mi oba punkta są pociągane, mają się do siebie jak AC: BO i gdy toż samo okazać można o iakichkolwiek innych dwóch ostrostupach podobnie położonych z obu stron linii MC albo NO, stąd się ogólnie wnosi, że ciężkość punktu M lub A na kulę całą ADHEA to jest do ciężkości punktu N lub B na kulę BEIGB, iak AC: BO, ciężkość zaś tych punktów względem odpowiadających sobie punktów wprost działa.

§. XI.

Ciężenie
na iaką-
kolwiek
kulę ie-
dnorodną
tak się ma,
iak gdy-
by cała
miaższosc
kuli była
w jej
środek
zebrana.

W poprzedzającym okazaniu przypuściliśmy, że obydwie kule są jednorodne i jednakowey gęstości, i widzieliśmy w tym przypadku, że ciężkość g punktu N na kulę O miała się do ciężkości G punktu M na kulę C, iak BO: AC. Teraz znowu przypuściwszy jednorodność teyże kuli O, i równą we wszystkich iey częściach gęstą, ale jednak większą, niż wprzód była, oczywista jest, że siła, którą punkt N jest pociągany w każdym ostrostupie powiększy się w stosunku powiększoney gęstości D, do gęstości pierwotkowey d, zaczem i powszechna gęstość f, którą teraz wywiera punkt N na kulę O, będzie do ciężkości g którą tenże punkt miał z początku iak D: d, a zatem f: G = BO: D: AC. d. Niech będzie D: d = $\frac{AC^3}{BO^3}$, a będą brytowości M i m obu

dwóch

dwóch kul C i O równe, gdyż ogólnie gęstości ich są w stosunku prostym miąższosci, a odwrotnym objętości (volumen) objętości zaś kul C i O, są iak $AC^3: BO^3$

a zatem $d: D = \frac{M}{AC^3}: \frac{m}{BO^3}$ i miąższosci

M: m = d. $\frac{AC^3}{BO^3}$ D: $\frac{BO^3}{AC^3}$, to jest równe, ponieważ jest $D: d = \frac{AC^3}{BO^3}: \frac{BO^3}{AC^3}$, w tym więc przypadku będzie f: G = BO. $\frac{AC^3}{BO^3}$: AC. $\frac{BO^3}{AC^3}$ = AC²: BO²: MC²: NO²: (10.). Zaczem iakokolwiek kula O jest małą, jeżeli tylko jednakową miąższosc ma z kulą większą C, a odległość iakiegokolwiek punktu N od środka O, do odległości punktu M od środka C będzie iak promień kuli O do promienia kuli C, będą też i punktów M i N ciężenia ku środkom O i C, iak MC²: NO². Ale przypuściwszy, iż kula O byłaby tak małą, iżby wzięta bydź mogła za punkt fizyczny, i wzięwszy OZ = MC, będzie też ciężkość punktu Z do ciężkości punktu N, także iak NO²: OZ² = NO²: MC², a zatem równa ciężkości punktu M. Zaczem ciężenie na kulę jednorodną (homogeneousum) C, w jakiegokolwiek odległości MC, od środka C, jest zawsze równe ciężeniu na punkt O, równy miąższosci i w równy odległości OZ. Ubywa przeto ciężenie na kulę, w stosunku kwadratu powiększonych odległości od środka kuli, a ogólnie mówiąc, ma się tym sposobem, iak gdyby cała miąższosc kuli, zebrana była w jej środek C.

§. XII.

Jak się co-
raz bar-
dziej po-
większa
ciężkość
bezwzględ-
ną
w miey-
scach co-
raz odle-
głych od
równika.

Skąd łatwo okazać można to, co wy-
żey przypuściliśmy (Roz. III. §. 7.) że na
ziemi jednorodney przybyty czyli powię-
kszenia (incrementum) ciężkości bez-
względny, oddalając się od równika, są
prawie w stosunku kwadratów wstaw
szerokości mieysc. Jeżeli bowiem CG
wyraża pół osi ziemskiej, CA promień
równika, a zaś GO = CA, tedy wykreśli-
wszy ze szrodków O i C, półkola AGN,
BGM przypuścić można, iż południk
mieysca A, (iakołkolwiek miałaby kształt
ziemi nie wiele w samęy rzeczy od kuli
różniąc się), mało co różnić się będzie od
łuku ADG. Poprowadziwszy więc do
punktu iakiegokolwiek D linia DH prostopa-
dłą na GC i przecinającą łuk BEG w pun-
kcie E jeżeli kąt ECG będzie = p, a DOG
= n tedy będzie DH: DO = wst. n: 1, EH:
EC = wst. p: 1, a zatem DH = DO wst. n,
EH = EC wst. p; i DE = DO wst. n - EC.
wst. p. Ze zaś kąty p: n: mało się różnią
od siebie, więc będzie bardzo blisko wst.
n = wst. p i DE = (DO - EC) wst. p =
(GO - GC) wst. p. = CO wst. p. Lecz
jeżeli promień CE przeciągnie się do pun-
ktu F, trójkąt DEF będzie prawie prostokreśl-
ny, i DE: FE = EC: EH = 1 wst. p.
zaczem FE bardzo blisko jest = DE. wst.
p = CO (wst. p)². Ze zaś część po-
wierzchni DB. AG ziemi (którą iakby
sko-

Fig. 167.

skorupę ięy uważać można) jest bardzo
mała względem całkowitey kuli ziem-
skiej, więc ciążenie na kulę ziemi mało
tylko odmieniać się może, czyliby ta część
była czyliby też ięy nie było. Przypuści-
wszy zaś, iżby téy wierzchniey części nie
było, a kula ziemi była jednorodną, tedy
ciężkość bezwzględna V na biegunie G,
albo na punkcie E, do ciężkości bez-
względny v na punkcie F, będzie iak $\frac{CE^2}{\overline{CE}^2}$
 $\frac{CE^2}{(11.)} = \overline{CE}^2 + 2CE \cdot FE + \overline{FE}^2: \overline{CE}^2$
Ale gdy FE jest bardzo małą względem CE
i gdy jest CE: FE = FE: CE: $\overline{FE}^2$ tedy
kwadrat FE bardzo mały będzie względem
ilości CE x FE, albo 2 CE x FE, więc bez
znacznego uchybienia wzięść możemy stó-
sunek V: v = $\overline{CE}^2 + 2CE \cdot \overline{FE}^2: \overline{CE}^2 = CE +$
2FE: CE, zatem $V - v = \frac{2FE}{CE}$ albo bardzo

blizko = $\frac{2FE}{CE}$ V, ponieważ ilości V i v tak
się mało różnią w nieznacznęy części iak
jest $\frac{2FE}{CE}$ żadna prawie nie wyda się ró-

żnica czyli będzie dzielone V czyli v.
Więc ubytek (decrementum) ciężkości bez-
względny uważając ią od bieguna aż ku F
jest iak FE, albo (wst. p)² bo CE, i CO są
ilościami stałemi. Jest zaś FCA szeroko-
ścią mieysca F i gdy tę nazwiemy r, będzie-
my mieli wst. p = dost r, zaczem ubytek
Hh cięż-

ciężkości bezwzględny w F będzie bardzo blisko iak $(\text{dost } r)^2$ a gdy w punkcie A szerokość = 0, tedy tam będzie ubytek = 1. Odiawszy więc od tego największego ubytku, ubytek ten, który jest w punkcie F wypada, iż wzrost ciężkości bezwzględny biorąc ją od równika A, bardzo jest blizką iak 1 — $(\text{dost } r)^2$ to jest iak $(\text{wst } r)^2$.

§. XIII.

Jeżeli w jakiej kuli wewnątrz wydrążonej mającej skorupę (corticem) iędnorodną grubości EH zewsząd zamkniętę powierzchniami kolistęmi, mającemi szrodek C, jest jaka część ciała A, ta ciężka na powierzchnią nie porusza się, ale spoczywa. Poprowadziwszy bowiem przez punkt A linią GE, któraby przecinała powierzchnie koliste w D, E, F, G, niech będzie $DB = BF$ oczywista jest, iż $BE = BG$, a zatem $DE = FG$. Jeżeli więc linią EA weźmiemy za oś ostrostupa nieskończenie prawie małego, która wtył przeciagniona do G, miałaby oś AG, tedy punkt A, kierunkiem AE od części DE, siłą f. DE, a kierunkiem AG, od części FG, siłą f. FG będzie pociągany (9.). Gdy zatem jest $FG = DE$, więc punkt A, ani ku D ani ku F nie może się poruszać, będąc naglony temi równemi a przeciwnemi sobie siłami. Podobne okazanie służy względem innej linii prostęj, przez punkt A poprowadzonej, a zatem część A ciążeniem na

sko.

ciężkość
w ziemi
od po-
wierzchni
ku szro-
dowi usta-
wicznie
się zmniej-
sza.

Fig. 168

skorupę poruszać się nie może. Napelnivszy więc wydrążenie (cavum) kuli materją tą samą, z której się składa skorupa, iasna jest rzecz, że punkt D taką wywierci ciężkość na kulę, iakaby wywiercił, gdyby cała skorupa GEHD była odigła. Co gdyby nastąpiło, tedy ciężkość jego na kulę wewnętrzną promienia CD, miałaby się do ciężkości punktu E na kulę iędnorodną zewnątrz promienia CE iak CD: CE (10.). Zaczem w każdej kuli iędnorodnej, a zatem i w ziemi, którą prawie kulistą jest, ciężkość w jakiejkolwiek odległości od powierzchni ku szrodkowi ustawicznie się zmniejsza, a to w tym stosunku, w którym odległość od szrodka się zmniejsza; z czego łatwo okazuje się to, cośmy założyli (Roz. III. §. 2.) to jest, że w ziemi iędnorodnej, gdyby była w stanie płynnym, wszystkie słupy (columna) w szrodku ziemi schodzące się równo wazą, jeżeli ich długości są w stosunku odwrotnym, ciężkości w ich końcowych częściach.

§. XIV.

Jeżeli dwa punkta, których miąższości są A i B, ciążąc na siebie wzajemnie w kierunku po linii AB, ustawicznie ku sobie postępować będą, tedy naostatek zeydą się z sobą, w którymkolwiek punkcie swęj drogi n. p. C, który tak jest położony, że będzie $AC:BC = B:A$. po wyjściu albo

Hh 2

wiem

Szrodek
ciężkości
ciał Nie-
bieskich.

Fig. 169.

wiem iakiego bardzo małego czasu t , niech się przeniesie punkt A na a , B na b ; oczywiście jest, (chyleby tylko czas t był bardzo mały) że siły, któremi miąższości A i B są poruszone mogą być wzięte za równe, będą zatem prędkości nabyte w miejscach A i B takie, że te miąższości w czasie t mogłyby przebieść biegiem iednostajnym drogi $2Aa$, $2Bb$. Zatem te nabyte prędkości będą w stósunku Aa , Bb , a więc i siły pierwiastkowe (elementares) iednostajné (Roz. II. §. 1.) jest więc siła pierwiastkowa u w punkcie A, do siły pierwiastkowej f , w punkcie B $= Aa : Bb$. A że też jest $v : f = B : A$ (8.) $= AC : BC$ więc będzie $AC : BC = Aa : Bb$, i $AC - Aa : BC - Bb = AC : BC = aC : bC$. Podobnież o drugim innym iakimkolwiek następnym momencie t czasu okazać można to, cośmy okazali o pierwszym; że odległość miąższości A i B od punktu stałego i niewzruszonego C, zawsze zostaje iedna względem drugiego w tymże samym stósunku $AC : BC$, i gdy nakoniec droga AC będzie przebieżoną, będzie też razem i w tymże czasie przebieżoną droga BC, to jest, obydwie miąższości razem zbiegną się w punkcie C. ten zaś punkt nazywają się srzodkiem ciężkości ciał, czyli ich miąższości A i B. Wszystkie ciała Niebieskie mają takowe srzodki ciężkości: gdy bowiem są kuliste,

a we-

a według podobieństwa z jednorodney materji złożone, przeto tymże samym sposobem mają się względem siebie, iak gdyby ich miąższości w srzodku zebrane były (11.); przeto jeżeli A jest srzodkiem takiego ciała mającego miąższość A, B zaś srzodkiem drugiego mającego miąższość B: punkt C na linii prostey AB tak będzie położony, że $A : B = CB : CA$, tedy punkt ten będzie wspólnym srzodkiem ciężkości dwóch ciał, i będzie koniecznie nieruchomym, to jest koniecznie w jednem miejscu zostającym, jeżeli te ciała ciężkością swoją odwrotną (reciproca) na linii AB schodzą się.

§. XV.

Miąższość A lub B tak bieży, iak gdyby od srzodka ciężkości C była pociągana, w stósunku spaczonym kwadratowym ich odległości. Jeżeli bowiem siła pierwiastkowa ciężkości, iaką ma cała miąższość A w punkcie A jest u , zaś w punkcie a siła taż jest v' , tedy będzie $u : v' = ba^2 : BA^2$. Lecz $CB : CA = Cb : Ca$ (14.), a zatem $CB + CA : CA = CB + Ca : Ca$; i $BA : ba = CA : Ca$, więc $u : v' = Ca^2 : BA^2$. Podobnież jeżeli siła pierwiastkowa ciężkości, iaką ma innego iakiego ciała miąższość B w punkcie B jest f , zaś w punkcie b taż sama siła jest f' , tedy będzie $f : f' = Cb^2 : CB^2$. Przeto tak miąższość A, iako i miąższość B tak bieży,

Ciała Niebieskie pociągają się do wspólnego srzodka ciężkości w stósunku odwrotnym kwadratów z odległości.

bieży, iakby była pociągana od punktu C, w stosunku spaczynym kwadratowym odległości, to jednak rozciągać się może do obydwóch razem miąższości: nie jest albowiem $v: f = BC^2: AC^2$ ale każda miąższość ma swoją szczególną pierwiastkową siłę, która tak prawie rośnie i ubywa, iak gdyby miąższość owa ciążyła ku C. To samoby się działo, choćby miąższości A i B i naczeły biegly, byleby tylko srzodek ciężkości C był nieruchomym. Gdy bowiem miąższość A iakokolwiek bieży od A do E, gdzie iego siła pierwiastkowa ciężkości jest v , i razem miąższość B bieży do D, gdzie ięty siła ciężkości pierwiastkowa jest f srzodek zaś C jest na dawném swoim miejscu; tedy będzie $EC: DC = AC: BC$, i $EC: ED = AC: AB$. Aże jest $v: v' = ED^2: AB^2$, więc $v: v' = EC^2: AC^2$; podobnym sposobem okazuje się, że jest $f: f' = DC^2: BC^2$.

§. XVI.

Dwa ciała niebieskie, których miąższości są A i B, a które nie spotykają się z sobą w jedney linii prostey, i których wspólny srzodek ciężkości spoczywa, te mówię ciała około tego srzodka biegną po liniach krzywych tak, iż iedno zawsze jest wprost przeciwległe drugiemu względem srzodka ciężkości. Gdy bowiem srzodki tych ciał nie w prostey linii ku sobie na wzajem biegną, ich kierunki AE, BD pod pewnym kątem będą nakłonióne do

Ciała Niebieskie w biegu nie z sobą nie spotykają się obracają się około powszechnego

do linii AB. Lecz ponieważ wzajemnie na siebie ciężą, przeto oddalaia się ustawnie od tego kierunku, a zatem biegną w liniach krzywych tak, iż srzodek obydwóch zawsze przypada na iedną linią prostą przez C prowadzoną: własność zaś linii krzywey, którą miąższość A lub B kręśli, będzie zależała od prędkości i kierunku miąższości. Gdyby bowiem taż miąższość koło srzodka C tak biegła, iak gdyby od niego pociągana w stosunku spaczynym kwadratów odległości (15) oczywista jest, iżby kręślić mogła koło lub Ellipsę (Rozd. IV. § 4.) Jeżeli zaś iedna miąższość bieży po kole, tedy i druga także koło kręśli: bo jeżeli odległość CA zawsze jest iednakową, tedy i odległość CB nie może się odmięniać, jeżeli zaś iedno ciało bieży po Ellipsie, drugie też po Ellipsie bież musi: bieg zaś iakichkolwiek ciał niebieskich wzajem na siebie ciężących, które się nie spotykają tak, iako bieg ciał stałych (continens) Rozd. I. 6.) rozebrać się może na bieg postępnny i kołowy, około wspólnego ciężkości srzodka. Jeżeli bowiem srzodek C bieży czyli nie jest zawsze w jedném miejscu, dajmy, że srzodki A i B wraz ze srzodkiem C zostają na iakięy płaszczyźnie, której każdy punkt ma ténże sam bieg, który ma i srzodek C ciężkości, iawną jest, że na téy płaszczyźnie srzodek C spoczywać będzie, a zatem ciałem A i

srzodka ciężkości. Fig. 169.

B nie zostanie się inny bieg tylko kołowy około srzodka C.

§. XVII.

Miaższosc
xiężycy do
miaższosci
ziemi
jest prawie
jak 1:
69.

Fig. 170.

Gdyby tylko sama ziemia obracała się około słońca, okazałoby można, że ięć srzodek określiłby niedorzutnią czyli Ellipsę. Ale że ziemia blizka jest xiężycy i na niego ciąży, bieg ięć około słońca mocą xiężycy mięsza się; ponieważ srzodek ziemi musi się też razem obracać i około spólnego srzodka wszystkich ciał niebieskich. Ażebyśmy więc ten bieg złożony dokładnie zrozumieli, wystawmy sobie, że płaszczyzna przechodząca przez srzodek słońca i xiężycy około słońca po Ellipsie, ziemia zaś i xiężyc na téj płaszczyźnie około wspólnego ciężkości srzodka obraca się (16), a tak oczywista jest rzecz, że ten srzodek ciężkości, który tylko ma bieg wspólny i nie może być uczestnikiem biegu kołowego, że ten mówię srzodek, kręśli Ellipsę czyli niedorzutnią około słońca, srzodek zaś ziemi około niego się obraca, i dla tego niekiedy trochę prędkiej, niekiedy powolniej bieży, niżby biegł, gdyby w rzeczy samej Ellipsę około słońca kręślił. Przypuściwszy zaś, że sam srzodek ziemi bieży około słońca po Ellipsie i wyrachowawszy podług tego przypuszczenia miejsca widzialne słońca, tedy między miejscem tak wyrachowaniem i miej-

i miejscem słońca prawdziwem żadney różnicy nie będzie w Nowiach lub Peraniach; gdyż w ten czas linia SL przez srzodek słońca S, ziemi T, xiężycy L i przez wspólny srzodek ciężkości C xiężycy i ziemi przechodzi. W takim bowiem razie widzimy słońce w témże samém miejscu z punktu T, iak i z C. Lecz różnica (o którejśmy mówili) największa jest, gdy xiężyc jest w kwadrze, gdzie iego srzodek M znajduje się na linii QCM prostopadłej do SL. Gdy bowiem srzodek ziemi w ten czas jest w Q, różnica między miejscem słońca wyrachowaniem i prawdziwem, równa się katowi QSC, który według najsłowniejszych dostrzeżeń blisko kwader w średniej liczbie wynosi do 7, 4". Gdy zaś promień ziemi widziany ze słońca, czyli dwugład poziomy słońca jest blisko 8, 7" (Wstę. XII. 40.) idzie zatem, że srzodek wspólny ciężkości ziemi i xiężycy, w ziemi przypada, a gdy QM odległość średnia srzodka xiężycy od ziemi jest blisko 60 promieni ziemi; zatem kat MSQ, czyli łuk QM jest = 60. 8, 7 = 522" a przeto CM = 522 - 7, 4 = 514, 6" i CM: CQ = 69: 1. W tymże samym stosunku jest miaższosc ziemi do miaższosci xiężycy: bo C jest wspólnym srzodkiem ciężkości obu ciał (14). Stąd wypada, że srzodek ziemi kręśli około słońca Ellipsę (7);
gdyż

gdyż srzodek ciężkości wspólny ziemi i księżycowi, tak jest bliżki srzodka ziemi, iż bieg srzodka ziemi około srzodka wspólnego ziemi i księżyca ledwo dostrzeżony być może.

§. XVIII.

Miaższość Słońca. Sposób wynalezienia miaższości słońca i ziemi jest następujący: Wystawmy sobie, że ziemia koło słońca w odległości D , a księżyc około ziemi w odległości d krążą, w czasach peryodycznych czyli obieżnych szrednich T i t , miaższość zas słońca jest S , Księżyca L , a ziemi M , tedy będą siły w szredpędne całkowite v : f , które mi księżyc i ziemia biegną w stosunku $\frac{MD}{T^2} : \frac{Ld}{t^2}$

(Rozd. I. §. 13.) zatem siły pierwiastkowe w szredpędne $= \frac{D}{T^2} : \frac{d}{t^2}$. (Rozd. II. § I.)

A że też same siły w szredpędne pierwiastkowe, także są w stosunku prostym iak miaższości, a odwrotnym kwadratów z odległości (8) to jest: iak $\frac{S}{D^2} : \frac{M}{d^2}$ przeto $\frac{S}{D^3} : \frac{M}{d^3} = \frac{D}{T^2} : \frac{d}{t^2}$ i S :

$$M = \frac{D^3}{T^2} : \frac{d^3}{t^2} = \frac{D^3 t^2}{T^2 d^3} : 1. \text{ Jest zaś } D$$

$= 23708$ (Wstę. XII. 39.) a szrednia odległość srzodka księżyca i ziemi $d = 59$,

94. (Wstę. XII. 39.) a zatem $\frac{D}{d} = 396$

bliżko więc $\frac{D^3}{d^3} = 62099136$. Lecz czas T

szredni obieżny ziemi jest $= 525969$ a zaś

$$t = 39343' \text{ zaczem } \frac{t}{T} = 0,0748 \quad \frac{t^2}{T^2} = 0,$$

005595, rozmnożywszy więc tę liczbę przez 62099136 wypadnie 347444, taką więc ilością miaższość słońca przewyższa miaższość ziemi. Porównawszy zaś miaższości słońca, ziemi, księżyca, z ich obiętościami (volumen) Wstę. XII. 39.40.) okaże się, że ziemia jest gęstsza od słońca i księżyca.

§. XIX.

Stąd wypada sposób dosyć dokładnego oznaczenia stosunku sił, które mi morze od słońca i księżyca jest poruszone. Jest bowiem szrednia odległość słońca od powierzchni ziemi $= 23707$ a zaś od srzodka ziemi 23708, szrednia odległość księżyca od powierzchni ziemi $= 59$ a od ię szredka $= 60$ prawie. Zaczem siła, którą słońce pociąga powierzchnią ziemi $= \frac{347444}{23707^2}$ (18 i 8) a siła, którą słońce po-

Stosunek sił, które mi morze od słońca i księżyca jest poruszone.

$$\text{ciąga srzodek ziemi} = \frac{347444}{23708^2} \quad \text{Różnica}$$

przeto obu sił, które mi się poruszają czyli raczej

raczej pociąg morze jest $\frac{347444}{(23708^2 - 23707^2)} = \frac{347444 \times 47415}{23707^2 \times 23708^2 - 23707^2 \times 23708^2}$ Po-
dobnym sposobem znajdzie się siła, któ-
rą księżyc pociąg morze $\frac{60^2 - 59^2}{69.59^2 60^2}$

(17) $\frac{119}{69.59^2 60^2}$ Przeto siła księżycza
będzie się miała do siły słońca $\frac{119. 23707^2. 23708^2}{47415. 347444. 69. 59^2 60^2}$: 1. Jest zaś

$$\begin{array}{rcl} 1. 119 = 2,0755470. & \text{a zaś} & 1. 47415 = 4,6759157 \\ 2. 1. 23707 = 8,7497532. & & 1. 347444 = 5,5408848 \\ 2. 1. 23708 = 8,7497898. & & 1. 69 = 1,8388491 \\ 19,5750900. & & 2. 1. 59 = 3,5417040 \\ - 19,1536560. & & \\ \hline 0,4214340 = 1,264, & 2. 1. 60 = 3,5563024 & \\ & & 19,1536560 \end{array}$$

Zaczem siła, którą księżyc pociąg morze, blisko 2,64 razy większa jest od siły słońca, co bardzo zgadza się z doświadczeniem. Porównywać bowiem między sobą wylęwy (fluxus) w punktach prostogłości i kwadr (Rozd. IV. § 14.) znaleziono, że siła księżycza przewyższa siłę słońca w pociąganiu morza blisko $2\frac{1}{2}$ razy.

§ XX.

§. XX.

Gdyby sama tylko ziemia i księżyc obracały się około słońca, tedy szrodek ciężkości spólny obu tym ciałom na téż samy Ellipsie znajdujący się zawsze postępowałby około szrodka ciężkości spólnego słońca, ziemi i księżycowi a położonego w ognisku téż Ellipsy, który to spólny szrodek, że daleko mniey odległy jest od szrodka słońca, niżeli szrodek ciężkości spólny ziemi i księżycowi od szrodka ziemi, łatwo zrozumieć można. Lecz że i inne Planety obracają się około słońca i ciążą na słońce i na ziemię, a zatem bieg szrodka ciężkości ziemi i księżycza lubo mało, wszelako niekiedy przyspieszają, a niekiedy spozniają; (Rozd. IV. § 18.) Stąd wypada, że ta Ellipsa, którą tenże szrodek kręśli wraz z linią odstępów (apsides) odmiennia ustawie położenie swoje, chociaż bardzo zwolna; to jest zdaie się, iż odslonecznik ziemi (aphelium) nieiako postępuje corocznie podług porządku znaków niebieskich ilością $1' 5\frac{1}{2}''$ a zatem rok ustępny to jest czas, w którym ziemia oddalwszy się od slonecznika znowu do niego powraca dłuższy jest ilością $26' 35''$ niżeli rok zwrotny, który ma w sobie 365 dni 5 god. $48' 45''\frac{1}{2}$ (Wstę. XII. 4.) a w którego przeciągu ziemia z pewnego punktu Rocznokręgu (Ecliptica) n. p.

Rok ustępny (anomalous) zwrotny (tropicus) i obieżny (periodicus)

z pun-

z punktu porównań (*aequinoctiorum*) wyszedłszy, do tegoż samego punktu znowu powraca. Że zaś płaszczyzna równika (*aequator*) nie zupełnie jest niewzruszoną, przeto linia porównań czyli przecięcie płaszczyzny równika z płaszczyzną rocznokregu corocznie ilością 50, 3" cofa się, to jest od wschodu na zachód zdaje się ustępować, który bieg nazywa się *cofaniem się punktu porównań dnia z nocą* (*praecessio aequinoctiorum*) dla takowego biegu rok zwrotny kończy się w przód niżeli słońce do téż samy stałej gwiazdy znowu powróci, to jest przed skończonym rokiem obieżnym, czyli rokiem gwiazdowym (*annus sidereus*). Ten więc rok dłuższy jest od zwrotnego 20' 26" a zatem zawiera 365 dni 6 god. 9' 11".

§. XXI.

Gdyby ziemia była zupełnie kulą, na ten czas nie byłoby cofania się punktów porównań dnia z nocą, gdyż wtedy ziemia takby ciążyła na słońce i księżyc, jakby cała ię miąższość była w srzodek zebrana, (§ 11.) a zatem ani oś ziemi, ani płaszczyzna równika, żadney nie podlegałyby odmianie. Lecz że ziemia jest nieco spłaszczoną kulą (*sphaerois*) wyniesioną pod równikiem, a równik przecina rocznokrag pod kątem 23°, 28' łatwo zrozumieć można, że ię się to zdarza, co i księżycowi z podobney przyczyny.

Przy-

Przypuśćmy bowiem, że miąższość ziemi jest zebrana w ję srzodek, i że mały iaki księżyc (*satelles*) około nię bieży na płaszczyźnie równika ziemskiego, oczywista jest z tego, cośmy wyżej wyłożyli (Rozd. IV. § 15. 16.) że węzły tego księżycy, przez działanie słońca i księżycy ustawicznie cofać się będą. Tenże sam skutek okazuje się w jnych iakichkolwiek księżycach, które się obracają na tymże równiku, a zatem w jakimkolwiek pierścieniu (*annulus*) stałym, wyniesionym nad równik i obracającym się około osi ziemi. Aże w rzeczy samej wystawiamy sobie, że równik ziemski takim pierścieniem jest opasany, który razem z ziemią ustawnie obraca się około osi ziemskiej; węzły więc tego pierścienia czyli punkta, w których oś ię przecina rocznokrag, to jest punkta porównań dnia z nocą ustawicznie się, chociaż zwolna cofają; gdy więc tak cały płaszczyzny równika położenie ustawicznie się odmięnia, dla téż przyczyny i oś ziemską położenie swoje także odmięnia i nie zawsze jest samej sobie równoległą. Ten zaś bieg nąwcięcy pochodzi od siły księżycy, którego droga do równika ziemskiego pochylona jest pod kątem nie zbyt małym, i którego siła w tém poruszaniu z téż samej przyczyny, co i w wylęwach morza większa jest od siły słońca,

w stó-

w stosunku prawie $2\frac{2}{3}$: 1 (19) A że nachylenie drogi księżyca do płaszczyzny równika odmianie podlega od $18\frac{1}{3}''$ aż do $48\frac{2}{3}''$, to cofanie się punktów porównań dnia z nocą nie jest jednostajne, i w przeciągu blisko 19 lat, w których węzły księżyca drogę swoją przebiegają (Rozd. IV. § 16.) największe jest około $58''$ na rok a najmniejsze $43''$ na rok. Tę zaś nierówność w cofaniu się punktu porównań, albo w biegu osi ziemskiej, nazwano kołysaniem czyli ważeniem się osi ziemskiej. Prócz tego przez działanie słońca i księżyca i nachylenie równika do rocznokregu w dwóch latach na przemiany, dwa razy rośnie i dwa razy ubywa lecz bardzo nieznacznie (Rozd. IV. § 17.) Jest jeszcze i inne zmniejszenie pochyłości rocznokregu, pochodzące od działania planet, które jednak zmniejszenie w przeciągu całego teraźniejszego wieku do $50''$ tylko dochodzi.

§. XXII.

Pierwszy był Hipparchus, który około roku 134 przed N. C. dostrzegł cofania się (*praece/sio*) punktów porównań dnia z nocą, cofania te znacznie wpływają w odmianę długości (*longitudo*) zboczzeń (*declinatio*) i wznoszeń prostych (*ascensio recta*) wszystkich gwiazd (Wstę. XII. § 17. 21. 22.) i dla tego rozróżnić potrzeba znaki niebieskie od gwiazdzbiorów (*constellatio*)

Skutek cofania się punktów porównań dnia z nocą.

tegoż nazwiska : rocznokrag bowiem dzieli się na części równych 12, które znakami nazwano, i pierwszy punkt znaku Barana, od którego zaczyna się ten podział, przypada w punkcie przecięcia się równika z rocznokregiem; Za czasów Hipparcha punkt ten przecięcia w rzeczy samej był w początku znaku barana i wszystkie w szczególności podziały rocznokregu odpowiadały w szczególności gwiazdzbiorom tegoż samego nazwiska; i tak znak Byka gwiazdzbiorowi Byka, Lew gwiazdzbiorowi Lwa i t. d. lecz w przeciągu lat 1920 początek ow. znaków rocznokregu cofnął się blisko na 27° , stąd łatwo zrozumieć, dla czego, gdy słońce jest w znaku Barana, my go widzimy w znaku Byka, to jest w tym punkcie Nieba, gdzie znak Byka za czasów Hipparcha przypadał: gdy jest w znaku Byka, widzimy go w znaku Bliźniat i t. d.; gwiazda też biegunowa położenie swoje ustawicznie odmienia i inne gwiazdy do pierwszego swego położenia względem punktów porównań nie przędzły powrócą aż w przeciągu 25000 lat.

R O Z D Z I Á L VI.
o budowie Świata.

§. I.

Ponieważ ziemia obraca się około słońca, należy więc do liczby planet; inne wyższe i

Planety
i
pla-

planety względem ziemi dzieli się na niższe, to jest bliższe słońca i wyższe, niższymi są: Merkuryus ☿ , Wenus ♀ , wyższe zaś są: Mars ♂ , Jowisz ♃ , Saturn ♄ , Uranus ♅ . Te planety nazywają się głównymi, które krążą około słońca, inne zaś które kołują koło tychże planet, nazywają się planetami drugimi (*Planetae secundarii*) czyli księżycami jako n. p. księżyc ziemski: planety niższe zdają się towarzyszyć słońcu. Jeżeli bowiem S, jest szrodek słońca NVM droga Merkuryusza, lub Wenerę, T mieysce ziemi ♁ ; tedy się okaże, że poprowadziwszy linie TN, TM, styczne do drogi NVM, planeta nigdy w większej odległości nie będzie od słońca widzianym z ziemi, iak pod kątem STM, lub STN, który kąt nazywa się kątem największego oddalenia planety (*maxima elongatio*). Zaczem gdziekolwiek ziemia będzie zawsze z nię widzieć będziemy planetę w granicach kąta NTM, a zatem zawsze blisko słońca, iuż z prawy, iuż z lewy strony, a czasem na samę płaszczyznę słoneczną. Przeto Merkuryusz i Wenera, nie inaczej przez nieiały czas, albo przed wschodem słońca, albo po jego zachodzie widzianymi być mogą, w czasie zaś największej bliskości przy słońcu, dla iego blasku ledwie ię widzieć można, chyba na samę płaszczyznę słońca, przez które niekiedy przeyscie ich postrzegamy na kształt

Fig. 171.

O BUDOWIE ŚWIATA SIS

kształt plam czarnych. Prócz tego, te planety odmieniaia postaci swoje tak, iak księżyc ziemski, i tarcza ich z ziemi widziana bywa niekiedy cała, niekiedy tylko w części swoięy. Wenera, ieżeli przed wschodem słońca jest widzialna nazywa się *gutrzenką* (*lucifer*) ieżeli zaś po zachodzie słońca (*Hesperus*), gwiazdą wieczorną zowie się. Odległość zaś planety niższego, może być oznaczona z dostrzeżenia największēy iego od słońca odległości. Wziawszy bowiem drogę planety za koło zupełne i poprowadziwszy promień SM, który jest prostopadły na MT, będzie SM: ST = wst STM: 1, to jest odległość planet od ziemi, ma się do odległości ziemi od słońca, iak wstawa kąta największego STM, do wstawy całej.

§. II.

Co do wyższych planet, te nie zawsze w bliskości słońca, ale niekiedy na przeciw niego są przeciwległe: Niech bowiem VNFM będzie droga ziemi około słońca S, a zaś w punkcie T iaki planeta wyższy, poprowadziwszy przez punkta S i T linię prostą AF, i styczne NTB, iasno się okaże, że gdy ziemia przychodzi do punktu F, słońce S jest w złączeniu (*conjunctio*) z planetą T, a w przeciwległości (*oppositio*), gdy ziemia jest w mieyscu V, gdy zaś ziemia postępuje z mieysca V przez D ku N, wtedy zdawać się będzie, iż planeta postępuje od A do B, a gdy zię-

Biegi po-
zorne pla-
net wyż-
szych.

li z

mia

mią będzie około punktu N, wtedy planeta wydawać się będzie stojący, gdy zaś ziemia z miejsca N idzie ku E wtedy planeta zdale się znowu cofać od B ku A, tak różne te biegi pozorne, które uważamy w planetach wyższych, łatwo tłumaczyć się przez bieg ziemi. Odległość zaś planety iakięgo wyższego od słońca oznaczona być może z dostrzeżonej wielkości jego średnicy pozornej w czasie złączenia i przeciwległości. Niech będzie stosunek dostrzeżony średnicy pozornej, iak $m : n$, tedy będzie $VT : FT = m : n = ST - VS$: $ST + VS$ a zatem $2ST : 2VS = n + m : n - m$

i $ST = \frac{n+m}{n-m} VS$; można także w Jowiszu i Saturnie, przez zamięnienie ich księżyców i położenie cięcia, oznaczyć kąt HTA albo DTS, który jest między linią SA, na której jest miejsce planety widzianego ze słońca czyli miejsce jego *współśrodkowe ze słońcem* (locus planetae heliocentricus) i między linią DH, na którą przypada miejsce planety widzianego ze środka ziemi, czyli jego *miejsce z ziemią współśrodkowe* (locus Geocentricus) kąt TDS, czyli największe oddalenie planety może być dostrzeżony, a tak z wiadomych wszystkich kątów trójkąta TDS można oznaczyć stosunek boków. Tak doydzimy stosunku odległości DS ziemi od słońca i odległości TS planety wyższego od słońca.

§. III.

§. III.

Wszystkie te planety po drogach Elliptycznych, prawie kołistych kraża, czyli ra-
cący około wspólnego ciężkości środka słońca i wszystkich planet znajdujacego się w ognisku tych Ellips, które różnie się nachylają do płaszczyzny rocznokregu. Wziawszy zaś odległość średnia ziemi od słońca za 1, wypadło z náydokładniejszych dostrzeżeń, iż jest:

Odległość planet od słońca i pochyłości ich drog.

Naywiększą odległość od słońca Naymniejszą odległość od słońca Pochyłość drogi do rocznokregu

♂	26,	25968.	24,	09464.	6,	43'	35"
♂	10,	07147.	9,	00717.	2°	30'	20"
♂	5,	45375.	4,	94821.	1°	19'	10"
♂	1,	60587.	1,	38151.	2°	9'	0"
♂	0,	72843.	0,	71318.	3°	23'	20"
♂	0,	46670.	0,	30750.	7°	0'	0"

§. IV.

Prócz tego, wszystkie planety tak głównie, iako i ich księżyce od zachodu na wschod, drogami swemi bieg mają, i w tymże samym, co słońce kierunku około swoich osi obracają się. Linie węzłowe (Lineae nodorum) któreimi drogi planet przecinają płaszczyznę rocznokregu, iako też i linie odstępów (absides) we wszystkich planetach zwolna postępują. Rozróżnić w nich jeszcze należy, z przyczyny cofania się punktów porównania dnia z nocą obieg

Czas średni obiegu planet.

obieg zwrotny (*revolutio tropica*) od gwiazdowego (*Siderea*) (Roz. V. §. 20.) a oba te obiegi rozróżnić należy od obiegu dobieżnego (*sinodica*) który się rachuje od złączenia się ze słońcem do powrotu na ténże sam punkt.

Obieg zwrotny Urana nowego planety blisko 30316 dni.

	Obieg gwiazdowy	Obieg zwrotny	Obieg dobieżny
♄	10761 d 14 g 36' 41"; 10749 d 7 g 21' 50"; 378 d 2 g 8' 8"		
♅	4332 d 8 g 51' 26"; 4330 d 8 g 58' 27"; 308 d 21 g 15' 45"		
♆	686 d 23 g 30' 43"; 680 d 22 g 18' 27"; 779 d 22 g 28' 26"		
♁	224 d 16 g 49' 13"; 224 d 16 g 41' 32"; 583 d 22 g 7' 6"		
♂	87 d 23 g 15' 37"; 87 d 23 g 14' 26"; 115 d 21 g 3' 22"		

§. V

Troiaką w planetach uważa się średnica: najmniejszą, średnią i największą. Jeżeli średnicę ziemi średnią za jedność weźmiem, tedy następujące średnice będą Urana 4, 454, Saturna 9, 98, Jowisza 11, 26, Marsa 0, 66, Wenerę 0, 96, Merkuryusza 0, 41; miąższości zaś tych planet podług rachunków nąydowodliwszych mają się do miąższości 1, ziemi: Saturna iak 106, 9, Jowisza iak 340, 3, Marsa blisko iak 0, 22, Wenerę iak 1, 17, Merkuryusza iak 0, 14. Podzieliwszy te liczby przez sześciany średnic, wielorazy będą iak gęstości planet, skąd się pokazuje, że Merkuryusz, Wenera, ziemia i Mars są gęstsze od słońca, Jowisz zaś i Saturn rzadsze, ogólnie zaś docieczono, że planety tém są gęstsze im bliższe słońca. Co się tycze Saturna średnica jego kuli ma się do średnicy największćy jego obręczy, iak 3:7. Przeciąg zaś mieysca, między pierścieniem i jego kulą zewsząd stron, równa się szerokości samego pierścienia, który to pierścień do płaszczyzny drogi Saturna blisko na 30° jest pochylony.

Srednice planet.

Fig. 172.

§. VI.

Na słońcu, na które gołem okiem bez uszkodzenia wzroku zapatrywać się nie można, tylko przez szkła zafarbowane, lub zakopcone, widzieć się prawie zawsze daia plamy czarne, niby mgłą powleczone nie-

Plamy na słońcu i planetach.

nieforemnego kształtu, zmniejszając się, których szerokość niekiedy 3 razy jest większą od średnicy ziemi. Te plamy w 14 dni płaszczyznę (*). Słońca krzywą drogą zdają się przebiegać, i na zachodnim słońca brzegu znowu widzieć się daia, lecz takim sposobem, iż pewnie stąd wnosić można, że one są na samej słońca powierzchni, i że słońce obraca się ku zachodowi około osi pochylonej do płaszczyzny rocznokregu pod kątem blisko

$82\frac{1}{2}^{\circ}$ w przeciągu 25 dni 12 godzin. Na

płaszczyźnie także Jowisza widzieć się daia nieiakié plamy odmiieniające, czyli raczej nieiakié strefy ciemné (fasciae) do rocznokregu równoległe, których ruch uczy nas, że ten największy planeta w 9 godzin 57' około swęj osi prawie prostopadły do płaszczyzny rocznokregu obraca się, to jest pod kątem blisko 87° ; przeto ten planeta daleko prędzej obraca się niż ziemia, i dla tego bardziéj jest przyswoich biegunach spłaszczony, gdyż osi jego ma się do średnicy równika, iak 13: 14, skąd dowodliwie wypada, że i ten planeta z razu był płynnym. Na płaszczyźnie także Marsa przez przeciérniki różne wielkie plamy dostrze-

żono,

(*) Lubo słońce jest w samej rzeczy okrągłe, że jednak każde ciało okrągłe, zdaleka zwłaszcza widziane, wydaje się nam iak płaskie, z téj przyczyny część słońca widzianą, nazywają płaszczyzną po łacinie *discus*.

żono, które dowodzą, że ten planeta w czasie 24 godzin blisko 40' obraca się około swęj osi nachylonej do płaszczyzny jego drogi pod kątem 61° , 18'. Też samé dostrzeżone są plamy na Wenerze, z których się pokazuje, że ten planeta obraca się około swęj osi w czasie 23 godzin 20'; ziemia téż nasza obraca się około swęj osi, w czasie 23 godzin 56' 32". Co się Merkuryusza, Saturna i Urana tycze, tedy *ruszy* z nich tak jest blizki słońca, drugié dwa tak daleko, iż na ich płaszczyznach żadnych plam doyrzecz nie możemy, nie wiemy zatem z pewnością, czyli się około swęj osi obracają lub nie; wszelako jest rzeczą dowodliwą, że i te planety tak iak i inne około swęj osi obracają się.

§. VII.

Dowodliwą jest rzeczą, że planety tak iak i ziemia mają swoje powietrzokregi (*Athmosphaera*), równie i słońce otoczone jest wielkim powietrzokregiem, który daleko jest wyżej około równika słońca, niż około jego biegunów, dla niezmiernie szybkiego obracania się słońca na osi swóicęj. Światło bowiem to, dla tego zwierzkresowém (*Zodiacale*) nazywają, że zawsze na rocznokregu pokazuje się, pochodzi zaś podług mniemania niektórych Fizyków od tegoż powietrzokregu, promieniami słońca oświeconego. To światło w Kraiach między zwrotnikami codziennie przed

Światło
zwierzo-
kresowé
(*lumen
zodiacale*)

przed wschodem albo po zachodzie słońca pokazuje się niekiedy prostopadłe na poziom, w kształcie ostrosłupa białawego, którego oś znajduje się na samej płaszczyźnie równika słońca pochylonego do rocznokregu pod kątem $7\frac{1}{2}^{\circ}$ wzdłuż niekiedy do 100° niekiedy do 45° tylko w szerz zaś przez 8° aż do 30° rozciąga się. U nas i we wszystkich innych krajach od równika oddalonych światło to dla swęj słabości, ledwo bywa dostrzeżone, tylko około czasów porównań dnia z nocą w miesiącach Marcu i Październiku, gdzie trwałość świtu i mroku (*crepusculum*) jest najmniejszą, ponieważ w jnnych porach roku od świtu i mroku ledwo byż może rozróżnione. W czasie wiosny, przy wschodzie słońca znaki północne rocznokregu są ku wschodowi, a zatem pod poziomem naszym, a znaki południowe nad poziomem. Gdy zaś te bardzo mało wstępują nad nasz poziom, światło też zwierzęcowskie, chociaż w ten czas dosyć jest wzniesione nad poziom, z rana nie bywa widziane ale przy zachodzie słońca światło słoneczne rozlane po znakach; północne widzieć się daje, chociaż w ten czas bardzo mało nad poziom jest wyniesione. W jesieni z podobnej przyczyny światło zwierzkresowe rano ani przed wschodem słońca, ani po zachodzie widzieć się nie daje.

§. VIII.

§. VIII.

Merkuryusz i Wenera niekiedy przechodzą się zdań przez płaszczyznę słońca nakształt plamczarnych, a z nich Merkuryusz częściej, Wenera zaś rzadko, Merkuryusz do końca tego wieku dwa razy, Wenera zaś ani raz na płaszczyznę słońca widzianą nie będzie. Ostatnie przejście Wenerę było R. 1769, najbliższe będzie R. 1874. Przejścia takowe przez płaszczyznę słoneczną, osobliwie przejścia Wenerę wielkiej są wagi, gdyż służą do oznaczenia dokładnego prawdziwej odległości słońca od ziemi. Niech będzie S srzodek słońca, AB droga Wenerę, DE droga ziemi, oczywiście rzeczą jest, jeżeli srzodek ziemi jest w D, Wenera zaś w punkcie A linii prostej SD, tedy Wenera ze srzodka ziemi wydawałaby się w punkcie S; lecz jeżeli srzodek ziemi w czasie jakimkolwiek t przyjdzie do B a razem srzodek Wenerę do B, tedy ten srzodek zdawać się będzie ze srzodka ziemi w F pod kątem SEF, który przypuścimy, że jest równy półśrednicy widzialnej słońca $16' 3''$ (Wstęp XII. 40.) Jest zaś SE: SB blisko jak 1: 0, 72 (§ 3.) A że i kąty ESB albo GSB i GEB są bardzo małe, będzie prawie SB, + BE = SE a zatem SB: BE = 0, 72: 0, 28 = wst GEB: wst GSB = GEB: GSB; ponieważ kąty małe tak się mają do siebie, jak ich wsta-

wy.

Przejście
Wenerę
przez pła-
szczyznę
słońca.

Fig. 173.

wy. Zaczęć 0, 72: 0, 28 = 16, 05': GSB a zatem GSB = 6, 24'. Gdy zaś łuki AB i DE czyli kąty DSE i ASB, w jednymże czasie t są przebieżone od ziemi i od Wener, a Wenera swoją drogę odprawia we 19415692", ziemia zaś w 31558151" (§ 4. i Rozd. V. § 20.) będzie prędkość katowa (*velocitas angularis*) Wener, do prędkości katowej ziemi prawie jak 1, 6: 1 więc ASB : DSE = 1, 6: 1 = 8: 5 = ASB: ASG: Zaczęć 8: 3 = ASB: ASB — ASG = ASB: GSB, a zatem ASB = $\frac{8}{3}$ GSB = $\frac{8}{3}$ 6, 24' = 16, 64'. Gdy więc Wenus w przeciągu 15" czasu iednę sekundę drogi swojej przebiega, musi w czasie 4 godzin blisko przesydz kąt ASB. W tymże samym czasie ze szrodka ziemi zdawać się będzie przebiegać półszrednicę słońca, a zatem całą słońca szrednicę przebieży w czasie 8 godzin blisko.

§. IX.

Z któregokolwiek punktu n. p. C po-
 Jak zprze- wierzchni ziemi znajdujacego się na stro-
 ścia Wene- nie lewéy szrodka E, widzieć się daie.
 ry docho- Wenera na linii CBH, a zatem od brzegu
 dzimydwu słońca (na którym wydawałoby się po-
 gładu (pa- strzegaczowi, gdyby ten znajdował się
 rallaxis) we szrodku ziemi) już oddalona jest prze-
 słońca. ciągami FH, którego miara jest kąt FCH =
 PCB, czyli różnica między dwugładami
 Wener, CBE i słońca CFE, odpowiadają-
 cemi wysokości punktu F względem mie-
 sca

sca C, (Wstę. XII. 32.) przeto na takim
 miejscu Wenera przedzý zdawać się bę-
 dzie schodzić ze słońca, a niżeli uważa-
 ną ze szrodka ziemi, iako też przedzý
 wchodzić na słońce. Przeciwnie zaś ie-
 żeli miejsce C jest po prawéy stronie
 szrodka E, tedy tam przeyscie Wener, po-
 zniéy się zaczyna i pozniéy kończy, niż
 widziane ze szrodka ziemi. Gdy więc
 ziemia obraca się około swéy osi w tym-
 że samym kierunku od Q do R, w któ-
 rym bieży po swéy drodze od D ku E,
 przeto niektóre miejsca od słońca oświe-
 cone, porywane nieiako są przez ten o-
 brót około osi, od prawéy ku lewéy stro-
 nie tak, iż n. p. miejsce f, które było w po-
 czatku przeyscia po prawéy stronie szro-
 dka ziemi w I, ku końcowi miejsca tego,
 po upłynięciu 8 blisko godzin, będzie po
 lewéy stronie w M, zaczęć we wszyst-
 kich takowych miejscach przeyscie We-
 nery pozniéy się zaczyna a przedzý się
 kończy, niżby się zdawało patrzącemu
 ze szrodka ziemi, a zatem w mniejszym
 przeciągu czasu odbywá się. Lecz mie-
 sce N blisko bieguna oświecone, gdzie
 wtedy albo żadnéy nie masz nocy, albo
 jest tak krótka, iż w wieczór przed zacho-
 dem słońca początek przeyscia Wener, a
 po wschodzie słońca rano dnia następują-
 cego koniec przeyscia dostreżony bydz
 może, tam początek przeyscia Wener
 jest

Fig. 173.

Fig. 174.

jest po lewicy stronie środka ziemi, a koniec po prawicy, a zatem prędzej tam zaczyna się przeyscie, później się kończy i dłużey trwa, niż gdyby było widziane ze środka ziemi. Ta zaś nierówność trwania przeyscia Wenery na różnych miejscach ziemi (iakośmy powiedzieli) pochodzi od różnicy dwugłędów Wenery i słońca, których stosunek wiadomy jest z wiadomego stosunku między odległościami Wenery i Ziemi od słońca. Stąd się łatwo okazuje, iż z dostrzeżony téy nierówności czasu trwania przeyscia Wenery doysdz można dwugłędu słońca z zupełną dokładnością, gdyż nierówność ta dla powolnego posuwania się Wenery po słońcu (choćaż Wenera nie przez sam srzodek płaszczyzny słoneczney przechodzi) wszelako, że do 20' i więcey, czyli do 1200" i daléy zayszd może, tak albowiem choćby w dostrzeżeniu omyliło się dwiema sekundami czasu, przez tę atoli omylkę ledwo 600tą częścią uchyliloby się w pewności całkowitego dwugłędu słońca.

§. X.

Oprócz Planet ieszcze i Komety krążą około słońca, z tą jednak różnicą od planet, że nie tylko na zwierzkresie bieg swój odbywają (Wstę. XII.) ale i po innych nieba miejscach, nie tylko od zachodu na wschód, ale i w innych

kierunkach, i że ich srednica pozorna, iuż się powiększa, iuż znowu zmniejsza, w reszcie niewidzialna, na koniec, że przez krótki czas bydź mogą widziane, a częstokroć słabem tylko błyszczą światłem, które niby mgła okryte, ogonem ich nazywają się. Ogony komet zawsze się pokazują w stronie od słońca odwróconey, tak zaś są subtelne, iż przez nie gwiazdy stałe widziane bydź mogą, niekiedy są krótkie, niekiedy bardzo długie, czasem proste, a niekiedy téż nakrzywione, niekiedy same ogony widzieć się daia, a ciała komety nie widać. Pierwszy Newton okazał, że komety podług tych samych praw ciężkości powszechnéy, co i planety biegswolne około słońca S odbywają po Ellipsach bardzo podługnych. I tak komety z miejsc od ziemi nayodleglejszych przychodząc, gdy się ku swému Doslonecznikowi A zbliżają, zaczynają bydź widzianemi, daléy zanurzwszy się w promieniach słonecznych nikną, wychodząc z nich znowu się pokazują, a coraż bardziey oddalając się od swého Doslonecznika A zbliżając się zaś ku Odsłonecznikowi B światło ich się zmniejsza i na koniec z oczu nikną. Ze zaś światło ich jest bardzo słabe, przeto z ziemi T nie mogą bydź widziane, tylko w małym drógi swojej przeciągu, który ledwo przewyższać zdale się odległość Jowisza od słońca, a stąd się po-

Fig. 175.

pokazuje, że trudną i częstokroć niepodobną jest rzeczą, aby z tak małej części drogi komety, którą postrzegać możemy, całą drogę komety dokładnie oznaczyć.

§. XI.

Halley sławny Astronom Angielski przed Cias obie- stém lat przeszło żyjący, czas obie- żny (perio- jednego komety, sposobem *Newtona*, przez *met* przez rachunek oznaczył, okazał on że ten ko- met przez rachunek meta R. 1531 dnia 24 Sierpnia R. 1607 dnia 26 Października i R. 1682 dnia 14 Września był w swoim dosłoneczniku i przepowiedział, że tenże sam kometa znów około R. 1757 miał się pokazać. Dowiódł potem sławny Jeometra Francuzki, *Clairaut* roztrząsawszy rachunki *Halleia*, że ten kometa dopiero R. 1759 miał być widziany, co też sam skutek stwierdził. Był bowiem R. 1759 dnia 12 Marca w swoim dosłoneczniku widziany, między Merkuryuszem i Wenerą. Czas jego obiegu jest 76 lat $8\frac{1}{2}$ Miesiący, a zatem będzie znów widziany R. 1835. Inny Kometa, który się pokazał R. 1661 podług *Halleia* miał powrócić w R. 1739, czyli jednak powrócił czyli nie, Astronomowie z pewnością nie wiedzą. Porównyując zaś z sobą wszystkie komety, które postrzegali Astronomowie, dowodliwą jest rzeczą, że czas obieży wielu komet jest kilkaset lat, tak iż komety widziane R. 1759 czas obie- żny

żny dla téj tylko przyczyny mógł być dokładnie dostrzeżony, iż był tak krótki. Im bowiem dalszy jest odsłonecznik komety, tém część owa drogi, w której kometa widziany być może mniejszą jest względem całkowitej drogi komety, a zatem trudnię z tak małej części całą drogę komety doskonale oznaczyć.

§. XII.

Wszystkie komety do tych czas dostrzeżone w dosłoneczniku swoim bliższym słońca były niż Jowisz. Niektóre z nich tylko przez przezierniki być mogą widzianymi, ale częstokroć chociaż blizkie ziemi, nawet przez przezierniki dostrzeżone być nie mogą. Jeżeli bowiem mają znaczną szerokość południową, tedy się albo ukrywają pod naszym poziomem, albo około złączenia się ze słońcem zanurzają się w jego promieniach. Skąd niekiedy w czasie wielkich zaćmień słońca, komety blizko niego postrzegano, których przed i po zaćmieniu widzieć nie można było. Inne komety w śród lata, kiedy mrók, wieczór trwa aż do rana, albo w zimie, gdy niebo częstokroć przez wiele dni jest pochmurne, lub oświecone od xiężycy będącego w pełni, do ziemi się zbliżają i z tych przyczyn nie mogą być widzianymi. Są także komety tak małe, iż tylko prawie przypadkiem przez przezierniki być mogą dostrzeżone. Bardzo więc dowodli-

Wielką
liczba ko-
met.

wą jest rzeczą, że my ledwie czwartą część komet widzieć możemy z tych, które są do ziemi zbliżone tak, iż mogą stać się widzialnemi. I ponieważ podług dostrzeżeń w tym wieku uczynionych, średnią biorąc proporcją w rok dwie komety do ziemi się zbliżają. Wziąwszy zatem średni czas obieży tych komet lat 300, (który daleko większy jest) wypada, że około naszego słońca jest przynajmniej 600 różnych komet, które bardzo zbliżają się do ziemi. Iak więc znaczna liczba komet być musi, których nie widzimy, dla wielkiej ich odległości od ziemi, gdy cała droga ziemską, jest prawie tylko punktem względem drogi Urana. Czyliż nie dowodliwą jest rzeczą, iż wiele tysięcy komet być może w naszym Układzie słonecznym (Systema solare).

§. XIII.

Własności, które we wszystkich planetach dostrzegamy, są do siebie podobne, a zatem dowodliwą jest rzeczą, że i inne ich własności, chociaż ich nie dostrzegamy są także do siebie podobne; stąd wnosimy, że wszystkie planety mają góry, doliny, morza, rzeki, a podobno i mieszkańców. Lecz przeciwnie zda się, iż komety mieszkańców nie mają: są bowiem całe różne od planet w biegu, kształcie, świetle, i t. d. Niezmiernym okrążane powietrzokręgiem, zda się, iakoby po większej części.

części z mgły tylko składały się, stąd wypada, że częstokroć są miąższości bardzo rzadkiéj względem swojéj obiętości. I tak komety Roku 1744 ciało podłużné, które nazwać można z Łacińskiego (nucleus) iądrém blisko 8 razy przewyższało wielkością swoją Merkuryusza, wysokość zaś tego komety powietrzokręgu wynosiła się prawie do 8000 mil, a długość ogona była do 7,000,000, mil, iednakowoż tak ogromné ciało, żadnéj nie sprawiło odmiany w biegu Merkuryusza, chociaż tak był blisko od niego; z czego się pokazuje, że miąższość tego komety była bardzo mała; procz tego, komety tak częstokroć rozpałają się blisko słońca, iż dostrzedz można z nich wychodzące ogniście dymy, a ich iądro niejako rozrywać się, albo znacznie zmniejszać się. Jakżeby więc ciała takie mogły być zamieszkané?

§. XIV.

Gwiazdy stałe dzielą się podług różnéj żywości światła na gwiazdy *ruszêy* *zgiêy* *zciêy* *4têy* *5têy* *6têy* i t. d. wielkości. Niektóre z nich mocném iasnieią światłem, niby migają się (scintillant) tak, iż przez żywość światła, łatwo ich rozeznac można od planet, a gdy gwiazdy daleko więcej są odległe od ziemi, niż planety, bez wątpienia muszą mieć właściwé światło, są przeto słońcami. Gwiazdy zdają się być tylko punktami przez doskonałe przezieniki,

Gwiazdy
stałe.

niki, i wiemy pewnie, że średnica widzialna żadnej nie dochodzi nawet wielkości 1". Niektóre z nich mają sobie właściwe biegi, lubo bardzo małe, niektóre z nich niekiedy bardziej, niekiedy mniej przyswieraiają, a czasem zdają się mknąć. Daje się postrzegać w pośród nieba białawy pas (fascia) nieforemnego kształtu, tu i owdzie iakoby na Wyspy podzielony, który nazwano *drogą mleczną* (*Via lactea galaxia*). Są i inne białawe plamy na niebie, lecz częstokroć tak małe, iż tylko przez przezierniki bydy mogą widziane, które nazywają gwiazdami mglistymi (*Stellae nebulosae*). Największe między temi są przy biegunie południowym, które zowią *obłoczkami* (*nubeculae*). W niektórych przez dobre przezierniki niezmierną liczbę gwiazd małych rozeznac można, w niektórych zaś nie, prócz mgły białawey. Są także dwie plamy w stronie nieba południowey tak czarne, iż Anglicy ię zowią *worami węglarskiemi* (*sacci carbonarii*) których czarność podobno pochodzi od światła drogi mleczney, którą te plamy wokolo są otoczone.

§. XV.

O gwiazdach stałych *rwrszey* wielkości, które najbliższe są ziemi, to mamy pewnego z dostrzeżeń Astronomicznych, że ich dwugład roczny nie dochodzi do jedney sekundy. Przypuściwszy nawet, że ich dwu-

Układ sło-
neczny.

Fig. 176.

dwugład ACB wyrównywa 1", łatwo się pokazuje, że w trójkacie prostokątnym ACB, bok CA czyli odległość gwiazdy stałey C, od ziemi i od słońca iest $= 206264$ AB. Ze zaś AB iest średnicą drogi ziemskiej, wypada stąd, że gwiazdy stałe czterystotysięcy razy odlegleysze są od słońca niż ziemia. Skąd łatwo wyrzumiemy, że gwiazdy stałe wyrównywaia co do wielkości słońcu, albo go jeszcze przewyższaia. Podzieliwszy zaś to miejsce na dwie części równé i promieniem 200.000 AB, około słońca opisawszy kulę, ta brać się może za odległość odpowiadaiącą układóm słonecznym. Gdy więc światło od słońca do ziemi przychodzi w czasie 8' (Roz. V. §. 5.), wypada stąd, że to światło potrzebowałoby lat sześciu, ażeby od jednego końca układu naszego słonecznego przeszło do drugiego. Jak zaś niezmierny iest ten przeciąg miejsca, okazać można następnym sposobem. Kula z przywiększego działu wystrzelona, największą siłą przebiega około 600 stóp w jedney sekundzie, czyli 100 sążni (hexapeda), a zatem gdyby zawsze iednakową miała chyżość, w czasie 36" iednę milę, a promień średni ziemi 909 mil, blisko w 9 godzin przebiegłaby. Więc ponieważ odległość słońca od ziemi czyli $\frac{1}{2}$ AB $= 23708$ takich promieni, zatem kula owa chyżością nieoskabioną przebiegłaby to

to miejsce prawie w 24, 3' lat. Zaczem średnicę całego układu słonecznego przebiegłaby w 9720000 lat.

§. XVI.

Układ
gwiazd
stałych.

Układ takowy składa się z naszego słońca, z niezmierny liczby komet, planet, które to wszystkie ciała około wspólnego ciężkości szrodka (blisko słońca będącego) krążą i to w miejscu niekoniecznie próżném, ale napełnioném materyą światła, tak jednak subtelną, iż przez tę opór bieg tych ciał znacznieby się odmienić nie mógł, chyba w przeciągu wielu wieków. Ten też wspólny ciężkości szrodek nie spoczywa, ale podług najsławniejszych dostrzeżeń *Herschela* i go wynalazcy Planety *Urana*, podług wszelkiego podobieństwa bieg ma szybki bardzo, zda się więc rzecz pewną, że nasze słońce ze wszystkiemi gwiazdami stałemi, które widzimy rozrzucone po niebie, inny powiększy układ czynią, i około wspólnego ciężkości szrodka tego układu obracają się. Ale ktoż wielkości układu tego w myśli nawet wystawić sobie może? wielu bowiem gwiazd stałych, dla ich małości gołym okiem nie widzimy. *Galileusz* zaś za pomocą miernego przeziernika w jednę część gwiazdozbioru *Oriona* zawierającej w sobie 14° prawie kwadratowych 500 gwiazd stałych naliczył, to jest 36 w ka-

żdym

żdym stopniu. Przypuściwszy więc, że w każdym stopniu kwadratowym Nieba nieści się 36 gwiazd stałych, które albo gołym okiem, albo przez przezierniki widzieć można, ogólna liczba gwiazd stałych, prócz drogi mlecznej i gwiazd mglistych, wyniosłaby do półtora miliona. Jeżeli zatem kula iakię gwiazdy stałe wyrównywa połowie kuli układu naszego słonecznego, tedy ten układ gwiazd, do którego należy słońce nasze równy będzie kuli, której średnica 114 razy blisko przewyższa średnicę układu naszego słonecznego, a stąd ledwie w 700 lat mogłaby być przebieżona. Z czego się pokazuje, że gdyby która z pomiędzy gwiazd stałych, które gołym okiem widzimy, wygasła, tedy wszelako przez wiele jeszcze lat byłaby na Niebie widziana, z przyczyny, że światło wiele lat potrzebuje, ażeby od tęg gwiazdy stałej do ziemi doszło.

§. XVII.

Takich układów złożonych z niezliczonej liczby gwiazd stałych lub słońców zbiorém byż się zdać droga mleczna; podobnym także zbiorém bez wątpienia byż się zdać owe obłoczki (*nubeculae*) czyli gwiazdy mgliste (*nebulae*), w których znaczny liczbie żadnych gwiazd i przez najsławniejsze przezierniki dotąd nie dostrzeżono. Wielkość tego widzialnego

Świat
widzialny.

świata

świata (*mundus aspectabilis*) wszelkie po-
ięcie nasze przewyższa, ten jednak iako-
kolwiek bądź wielki, częstką tylko náy-
mniejszą jest całości (*Universum*). O! iak
wielki zatem BOG, na którego skinięcie
wszystko stało się i trwa.

Kóniec Części piérwszey.



Tablica I.

Fig. 1.

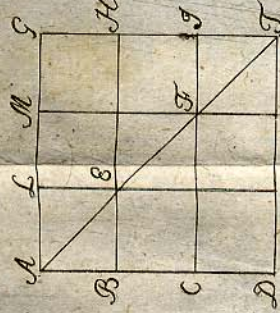


Fig. 2.

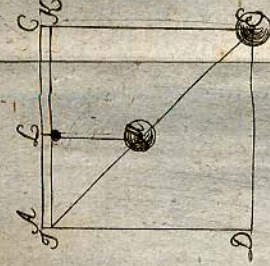


Fig. 4.

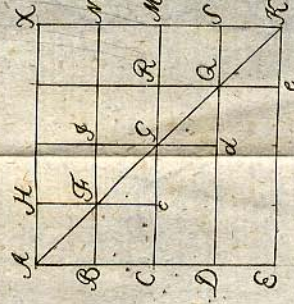


Fig. 5.

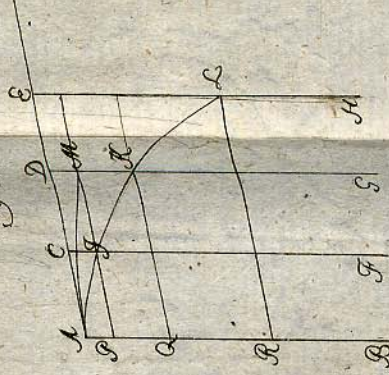


Fig. 3.

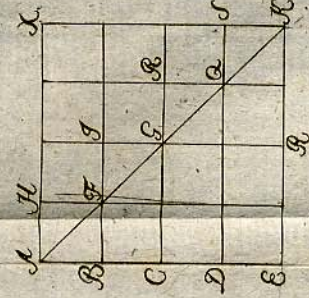


Fig. 6.



Fig. 7.

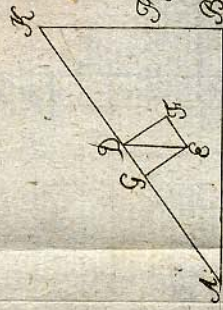


Fig. 8.

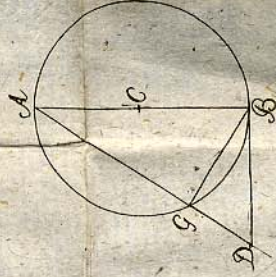


Fig. 9.



Fig. 10.

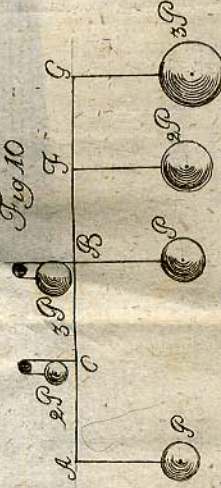


Fig. 11.

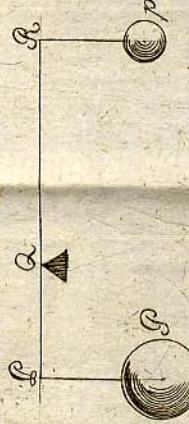




Fig. 12.



Fig. 13.

Fig. 15.

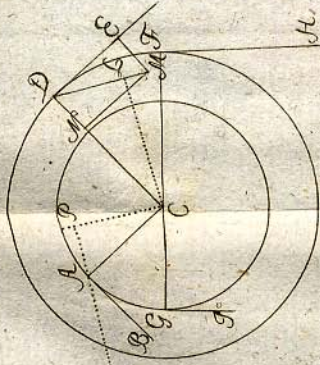


Fig. 17.

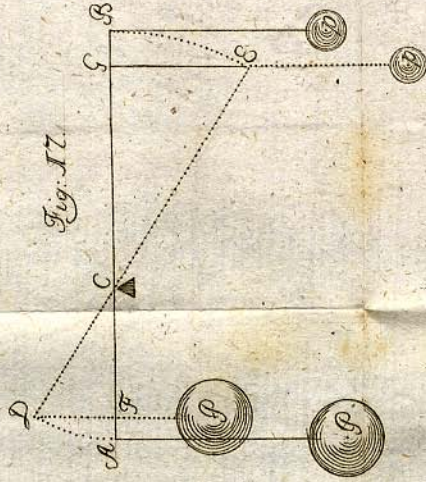


Fig. 18.



Fig. 20.



Fig. 21.



Fig. 22.



Fig. 23.



Table 2

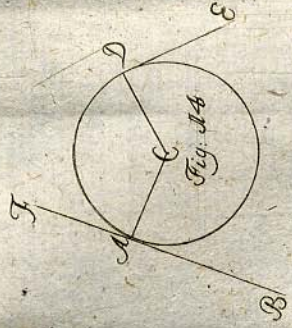


Fig. 14.

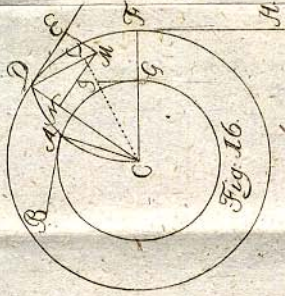


Fig. 16.

Fig. 19a.



Tablica 3.

Fig. 24.

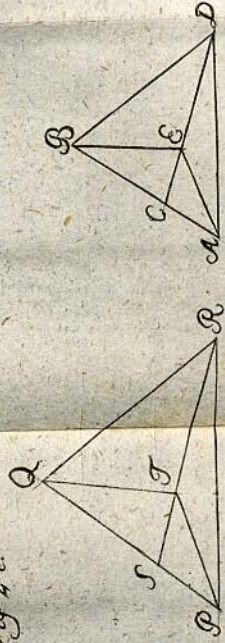


Fig. 25.

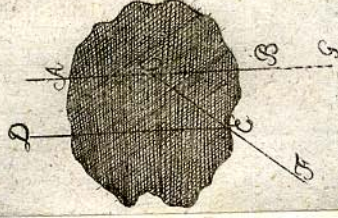


Fig. 26.

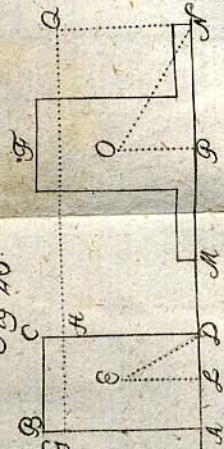


Fig. 27.

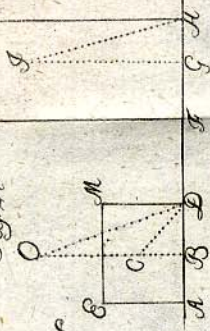


Fig. 28.

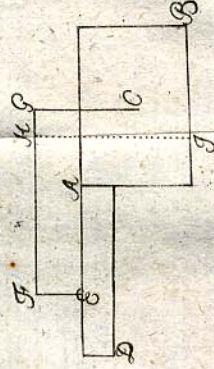


Fig. 30.

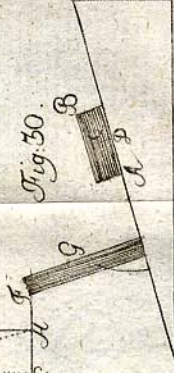


Fig. 29.

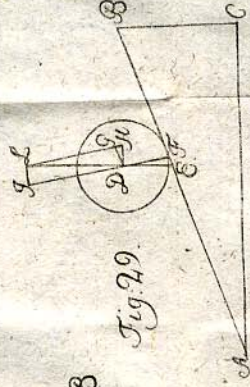


Fig. 31.



Fig. 35.

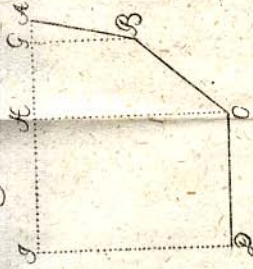


Fig. 32.

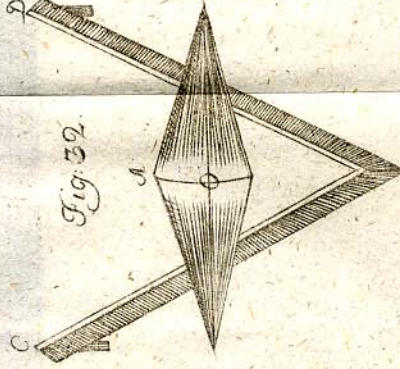


Fig. 34.

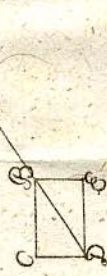


Fig: 36.

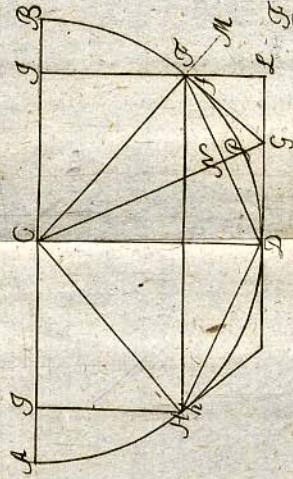


Fig: 37.



Fig: 38.

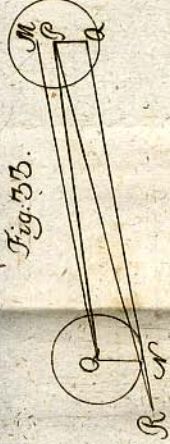
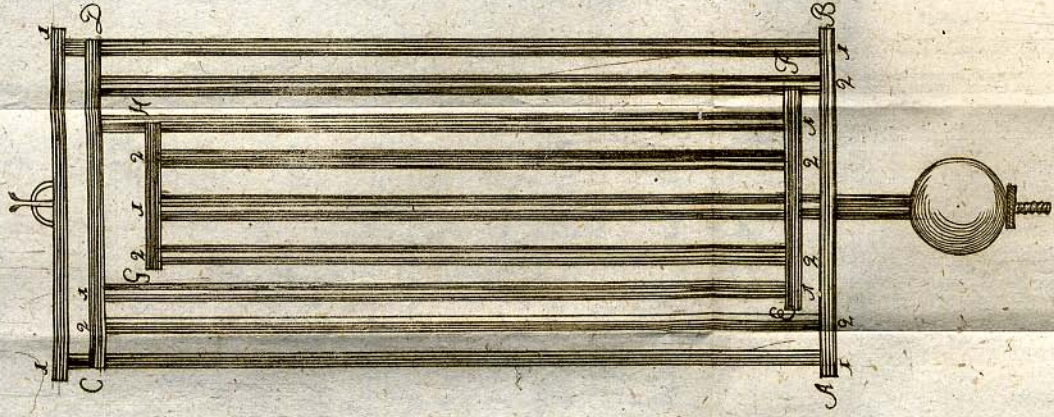


Fig: 33.



Tablica 5.

Fig. 39.

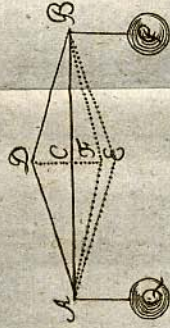


Fig. 40.

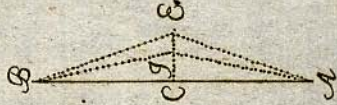


Fig. 41.



Fig. 42.

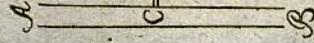


Fig. 43.

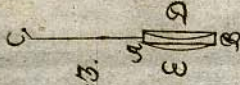


Fig. 44.



Fig. 45.



Fig. 48.

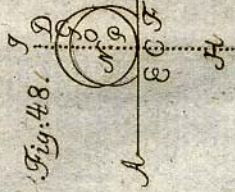


Fig. 49.

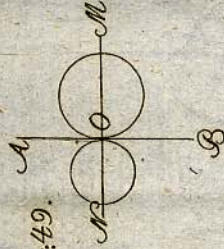


Fig. 46.



Fig. 47.

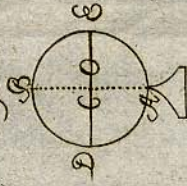


Fig. 50.



Fig. 51.

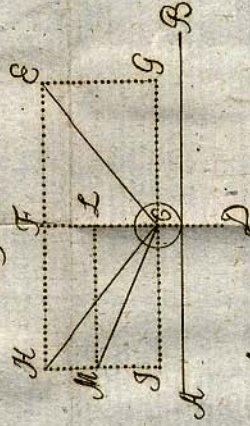


Fig. 52.

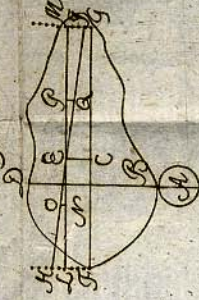


Fig. 53.

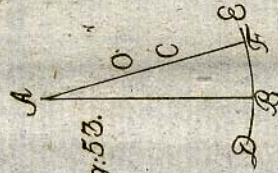


Fig. 54.

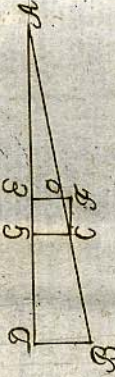


Fig. 55.



Tablæ 6.

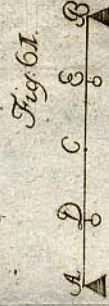
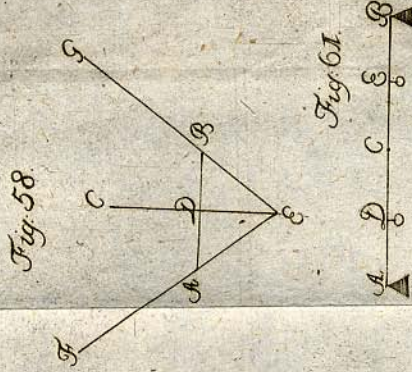
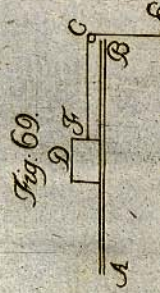
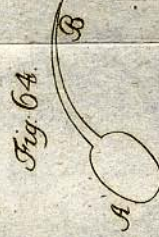
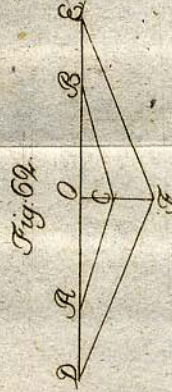
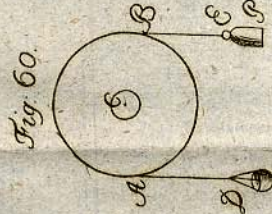
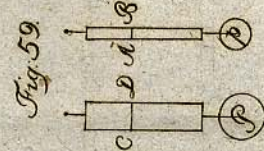
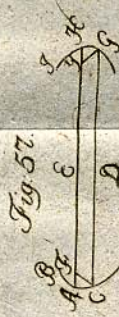


Fig. 71.

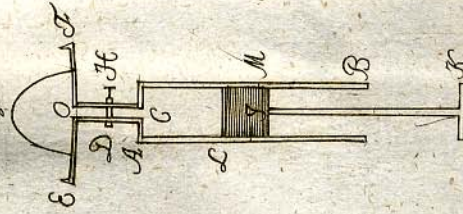


Fig. 72.

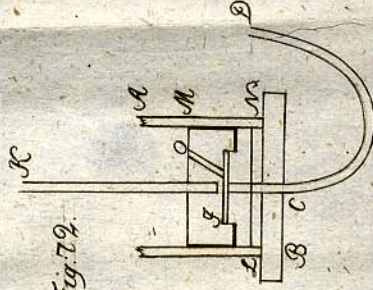


Fig. 74.

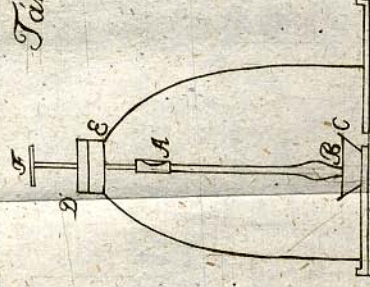


Fig. 73.



Fig. 75.

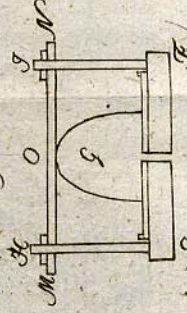


Fig. 76.

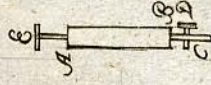


Fig. 78.

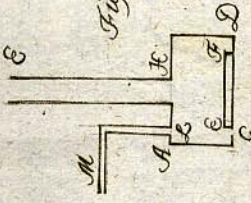


Fig. 77.

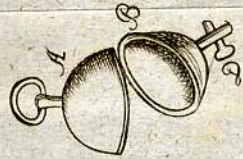


Fig. 80.

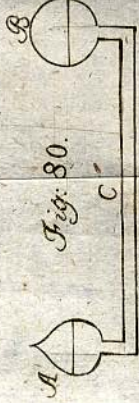


Fig. 81.



Fig. 79.

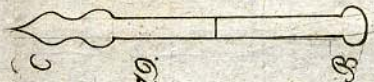


Fig. 83.



Fig. 84.



Fig. 86.



Fig. 85.

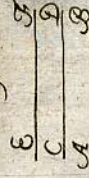
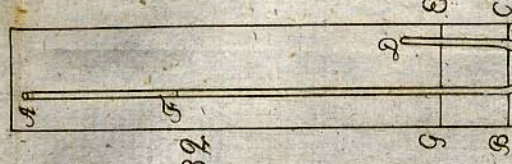


Fig. 82.



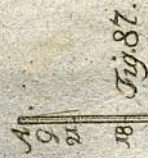


Fig. 87.

Fig. 88.

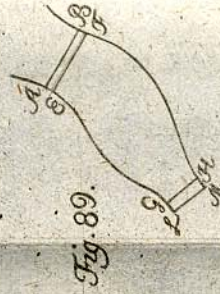
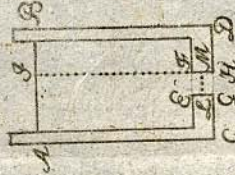


Fig. 89.



Fig. 90.



Fig. 93.

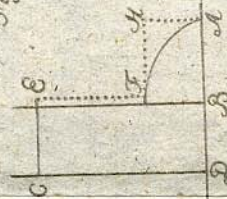


Fig. 92.



Fig. 95.

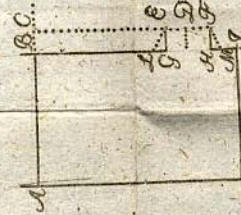
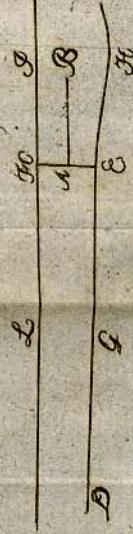


Fig. 102.



Fig. 103.



Tablica 9.

Fig. 104.

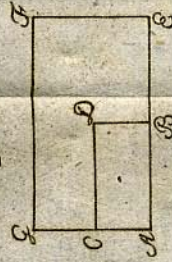


Fig. 105.



Fig. 106.

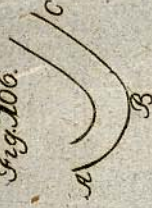


Fig. 107.



Fig. 108.



Fig. 110.



Fig. 111.



Fig. 112.

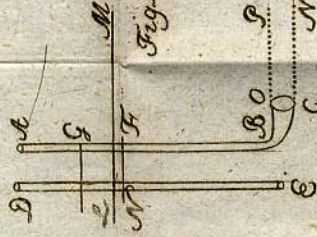


Fig. 113.

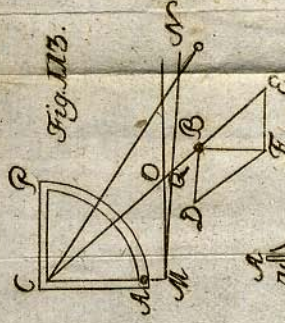


Fig. 114.



Fig. 115.

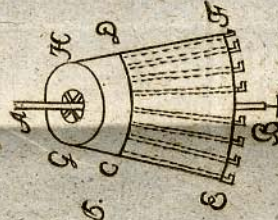
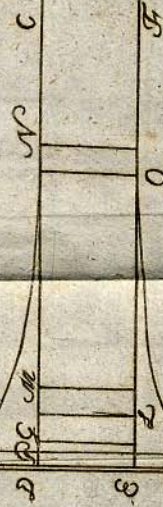
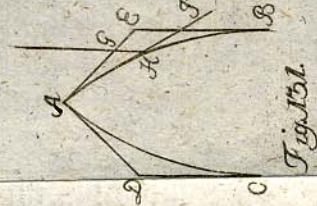
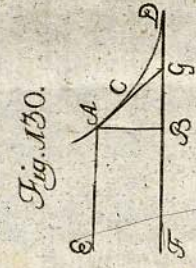
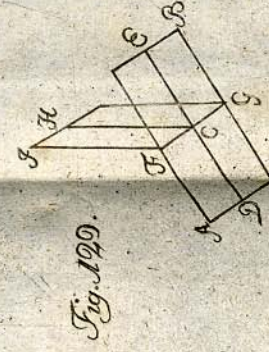
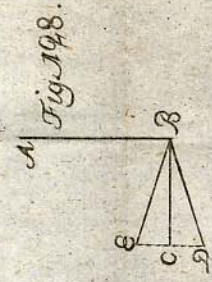
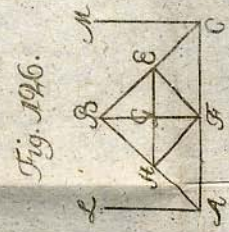
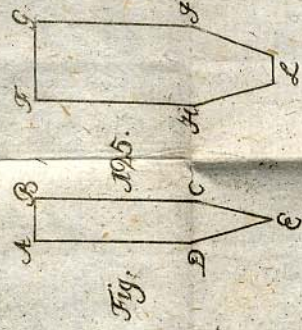
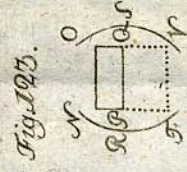
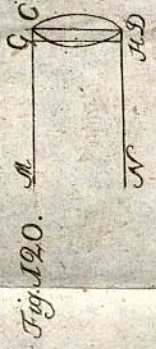
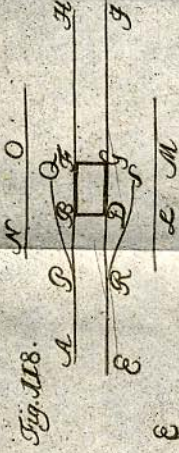
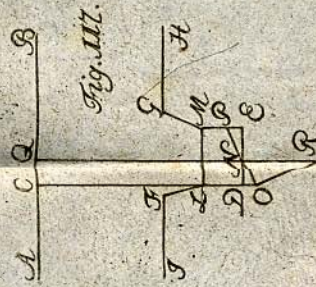


Fig. 116.





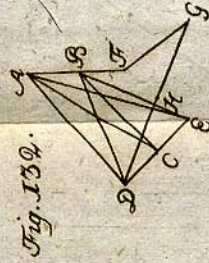


Fig. 139.



Fig. 148.

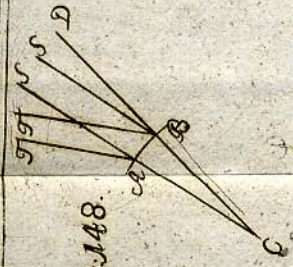


Fig. 149.

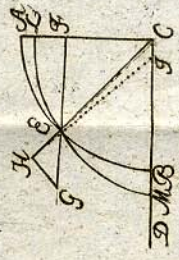


Fig. 150.

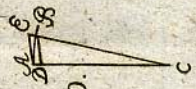


Fig. 151.

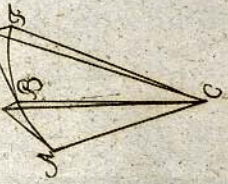


Fig. 152.

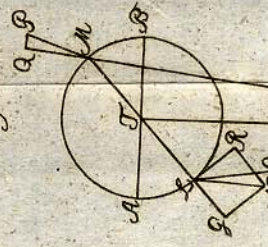


Fig. 153.



Fig. 154.

Fig. 155.

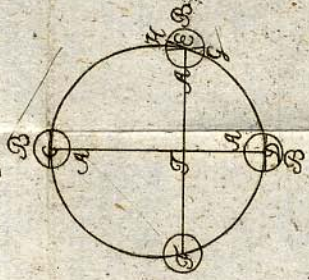


Fig. 156.

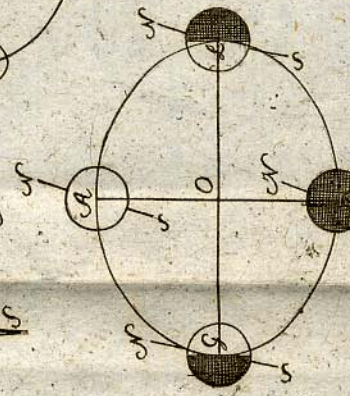


Fig. 157.

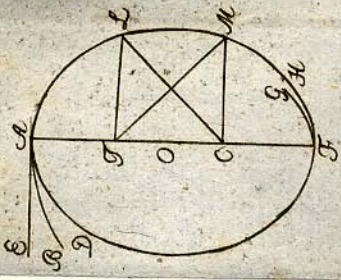


Fig. 158.

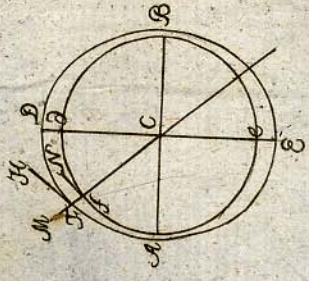


Fig. 159.

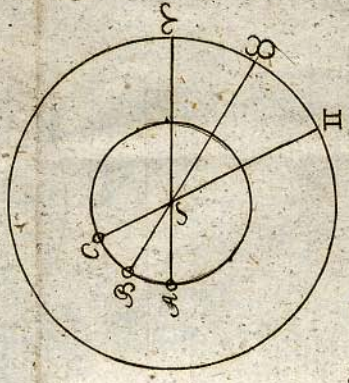


Fig. 160.



Tablica 13.

Fig. 162.

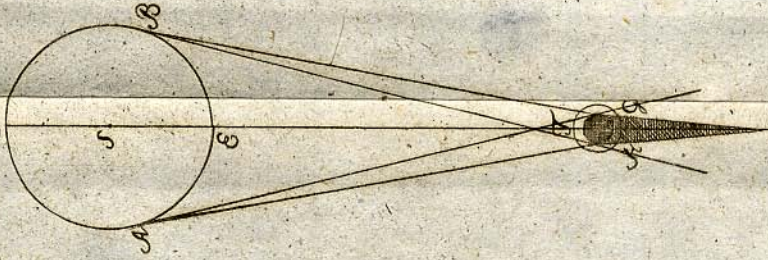


Fig. 163.

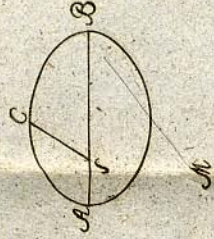


Fig. 164.

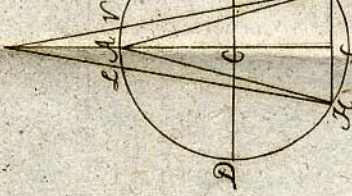
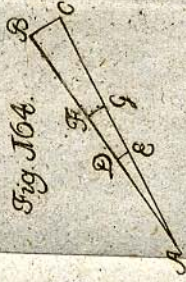


Fig. 165.

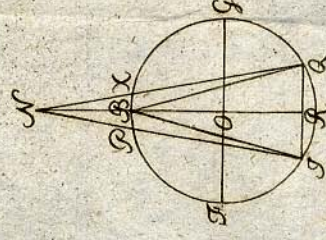


Fig. 167.



Fig. 166.



Fig. 170.

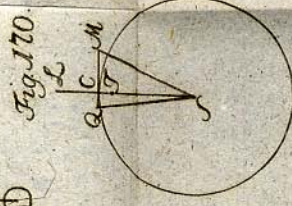


Fig. 168.

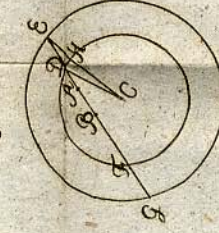


Fig. 169.

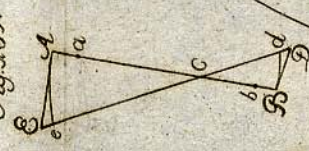


Fig. 175.

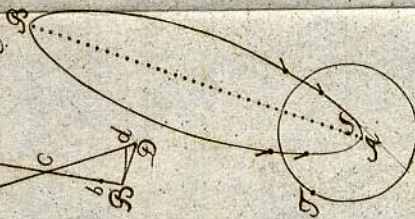


Fig. 171.

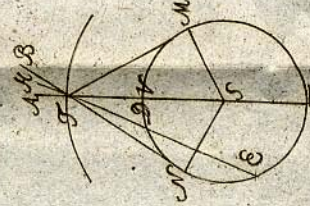


Fig. 173.

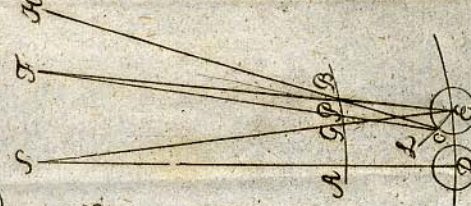


Fig. 176.



Fig. 174.

