ciwny kierunkowi bieżącego ciała: mnieyszy zaś, ieśli środka i bieżącego ciała iednakowy iest kierunek. Człowiek idący przeciwko wiatru, ryba przeciw wodzie płynąca, dwoiaki opór przezwyciężać muszą: *naprzód* bezwładność środka którą przemodz maią: *powtóre* bieg środka którego kierunek iest przeciwny. Jeżeli płyn środek składaiący i ciało bieżące iednakowym biegną kierunkiem i iednakową prędkością; na ten czas ciało bieżące nie doznaie żadnego oporu. Jeżeli zaś środek i ciało bieżące nie maią iednakowéy prędkości; na tenczas to które prędzéy bieży, udziela swéy prędkości temu, które ma bieg wolnieyszy.

ROZDZIAŁ VIII.

O Machinach.

§ 26. *O Machinach prostych.*

250. Wszelkie narzędzie sprawuiące ulżenie siły, albo skracaiące czas w podnoszeniu ciężarów nazywa się machiną. W machinach uważać tylko będziemy równowagę siły z ciężarem: czasem ciężar wyrażać będzie siłę.

251. *Wykład wagi.* Niech będzie liniia prosta AB (*Oddział II. Tablica I. Figura* 7) iéy środek S. naznaczmy na téy linii punkta iednakowo odległe od iéy środka *np.* A i B, C i D. Jeżeli ta liniia obracaiąc się koło swego środ-

ka weźmie położenie linii ba, tedy punkta na niéy naznaczone obiegną łuki podobne Aa, Cc, Dd, Bb. Te łuki maią się iak ich promienie *np.* Aa : Dd = AS : DS. Te łuki są to drogi przebieżone od punktów na linii naznaczonych, a ich promienie są odległości tychże punktów od środka S. A zatém tak się maią drogi przebieżone od punktów naznaczonych na linii, iak odległości punktów od środka S.

Nazwiymy drogi przebieżone od punktów: D, d, odległości tychże punktów od środka O. o.

będzie $D : d = O : o$.

Te drogi są przebieżone wiednakowym czasie, więc maią się iak prędkości (221)

to iest, $D : d = P : p$.

A zatém z tych dwu proporcyy wypada następuiąca:

$P : p. = O : o.$

To iest: prędkości bieżących punktów na linii obracaiącéy się koło swego środka, maią się iak odległości tychże punktów od środka.

Zawieśmy w punkcie A (*Oddział II. Tablica I. Figura* 8) ciężar ważący funtów 6, którego odległość od środka S iest 4 części równych: a na drugiéy stronie linii w punkcie B zawieśmy w takiéyże odległości od środka podobnież 6 funtów. Ciało przy A będąc ciężkiém usiłuie dążyć ku ziemi kierunkiem pionowym A6, a tém samém pociąga ciało B do góry: i nawzaiem ciało przy B dla swoiéy ciężkości pociąga w górę ciało A: czyli, dwa te ciała wzaiemnie na siebie siły wywieraią. Siła znayduie się mnożąc massę przez prędkość (224), a tu pokazaliśmy dopiéro że prędkości tak się maią iak odległości; więc w tym razie znaydziemy siły ciał zawieszonych, mnożąc ich massy przez ich odległości od środka S. A że massy i odległości od środka są równe;

więc i siły będą równe: te zaś siły będąc równe i wprost sobie przeciwne, wzaiemnie się zniszczą, i ciała zostaną w spoczynku, czyli będzie równowaga.

252. *Piérwszy więc przypadek równowagi iest w ten czas, kiedy ciała są iednakowéy massy i zawieszone w równéy odległości od środka.*

253. Zawieśmy znowu na iednéy stronie téyże linii przy B w odległości od iéy środka 4, massę ważącą funtów 6 a na drugiéy stronie w odległości od środka 3 massę ważącą funtów 8 będzie także równowaga. Bo iloczyn z massy 6 przez iéy odległość od środka 4, równy iest iloczynowi z massy 8 przez iéy odległość od środka 3.

czyli $6 \times 4 = 8 \times 3$

A zatém $6 : 8 = 3 : 4$.

To iest massa piérwszego ciała ma się do massy drugiego, iak odległość od środka drugiego ciała, do odległości od środka piérwszego: czyli massy są w stosunku odwrotnym swych odległości od środka.

254. *Drugi więc przypadek równowagi iest w tenczas*, kiedy massa mnieysza zawiesza się w odległości od środka tyle razy większéy ile razy iest mnieysza od większéy massy: czyli, *gdy massy są w stosunku odwrotnym swych odległości od środka.*

255. Liniia AB (Figura 8) podzielona na części równe wystawnie wagę powszechnie znaiome narzędzie. Linie AS, BS są ramiona wagi. Punkt S zbiorem ciężaru ciał zawieszonych, lub środkiem ich ciężkości: bo przez utrzymanie tego punktu, nie spadaią ciała na ziemię dla swoiéy ciężkości, czyli utrzymuią się w spoczynku na ramionach wagi.

A iako dwóch ciał wiszących na ramionach wagi AB uważamy zbiór ciężaru, czyli spólny środek ciężkości w punkcie S; tak też każde ciało ma swoy punkt czyli środek ciężkości, około którego wszystkie iego cząstki utrzymuią się na równey wadze. Zbiór ciężaru czyli środek ciężkości ciała, rzadko kiedy przypada w środku iego wielkości: do tego potrzeba aby ciało było iednorodne to iest złożone z iednakowych cząstek i figury foremnéy: *np.* kuli iednorodnéy środek ciężkości i środek wielkości w iednym punkcie znaydować się będzie. W innych ciałach nieregularnych, dwa te środki nie na ieden punkt przypadną.

Gdy środek ciężkości nie iest utrzymany, ciało spada kierunkiem pionowym. Lecz kiedy ten kierunek przechodzi przez punkt na którym się ciało wśpiéra, na tenczas zostánie w spoczynku, to iest, gdy kierunek ciężkości przypada na podstawę na któréy ciało stoi: Stąd wnosimy, iż te ciała trudniéy iest ustawić do równowagi, które bardzo małą maią podstawę. I tak kula położona na płaszczyznie pochyłéy, stoczy się na ziemię: bo dotykaiąc się płaszczyzny iednym punktem, kierunek iéy ciężkości łatwo wybacza z tego punktu podpory: przeciwnie bryła inna na téyże płaszczyźnie położona, może na niéy spoczywać, ieżeli kierunek iéy ciężkości nie wypada z podstawy. Dla tego to młode zwierzęta nie tak łatwo padaią iak malutkie dzieci: bo podstawa dziecięcia iest nie wielka, więc gdy się pochyli, na ten czas kierunek iego ciężkości nie przechodzi przez podstawę. Przeciwnie zwierzęta ze cztérema nogami, wielki plac zaymuią, przeto gdy iednę nogę podniosą, ieszcze iednak kierunek znayduie się w podstawie. Tańcuiący na linie, dla utrzymania kierunku ciężkości w swéy podstawie, rozmaite położenia swoim członkom nadaie. Człowiek na górę wstępuiąc, ku niéy się nachyla: przeciwnie z niéy schodząc, w tył się wypręża. Toż sądzić o człowieku dźwigaiącym ciężar na plecach, lub przed sobą. Budynków długoletność stąd pochodzi że kierunek ich środka cięźkości wpada w podstawę na którey stoią. I tak wieże Pizańska i Bonońska, chociaż są pochylone do ziemi, i zdaią się grozić upadkiem, wszelako bezpiecznie stoią. Wieża Pizańska iest okrągła; wysoka prawie na 138 stóp, a na 15 stóp od pionu pochyła. Wieża Bonońska iest kwadratowa, wysoka na 130 stóp, a na 9 stóp od pionu pochylona. Tak to biegły Architekt potrafił ułożyć ich części, iż, mimo znacznego pochylenia, kierunek ich cięźkości wpada w podstawę *(a)*.

(a) Prawidła podług których znayduią się środki cięźkości różnych ciał.

Znalezienie środka cięźkości w iednem lub w kilku ciałach, iest bardzo ważną rzeczą w wielu okolicznościach: przeto poznaymy prawidła, podług których dochodzić go można.

I. Niech będą dwa ciała iednorodne A i B (Oddział II. Tablica I. Figura 9) *przez ich środki cięźkości poprowadźmy liniią prostą AB. Jeżeli massy tych dwóch ciał są sobie równe; na ten czas spólny ich środek cięźkości będzie we środku linii AB to iest w punkcie S. (251). A zatém będzie:*

$$A : B = BS : AS.$$

$$\text{Stąd } A + B : A = BS + AS : BS.$$

II. To iest: aby znaleść spólny środek cięźkości dwóch ciał, trzeba rozmnożyć iednego massę przez odległość szczególnych środków

256. *Na czém zależy dokładność wagi?* Aby waga była doskonała, powinna bydź bardzo ruchoma w punkcie E (*Oddział II. Tablica I. Figura* 15) tak dalece, aby za przydaniem nay-

---

od siebie, i ten iloczyn podzielić przez summę mass. Daymy że ciężary są nierówne np. $A = 12$, $B = 4$, $AB = 24$. *będzie* $BS = \frac{24 \times 12}{12 + 4} = 18$. *To iest, kiedy odległość AB szczególnych środków ciężkości iest* 24 *części równych, na ten czas spólny środek ciężkości przypadnie na część* 18 *ze strony B: gdyby zaś massy były równe; środek ciężkości przypadałby na część* 12 *czyli na połowę linii AB.*

Ponieważ $B : A = AS : BS$ (254).

A zatém $B = \frac{A \times AS.}{BS}$

Niech $A = 12$, $BS = 18$, $AS = 6$. *będzie* $B = \frac{12 \times 6}{18} = 4$.

III. To iest: maiąc wiadomą iednę massę, odległość od siebie szczególnych środków ciężkości i spólny środek ciężkości dwóch mass; można wyznaczyć drugą massę.

Znaydźmy teraz spólny środek ciężkości kilku ciał. Na linii AB (Oddział II. Tablica I. Figura 10) *zawieśmy cztéry ciała* a, b, c, d. *Gdzie będzie spólny ich środek ciężkości? Podług II. szukaymy środka ciężkości ciał* a i b, *który niech przypada w punkcie F: wystawmyż sobie że w tym punkcie F zawieszony iest ciężar równy summie mass* a + b. *i między tym ciężarem i massą* c mnieyszego ciężaru na iedno iéy ramie, równowaga się psuła. To wahanie się ramion wagi EC, EB, tém bardziéy się powiększy, im mniéy będą się tarły ramiona w punkcie E. Mnieysze zaś bę-

---

szukaymy spólnego środka cięžkości, który niech będzie w punkcie G. Nakoniec wystawmy sobie że w punkcie G zawieszony iest ciężar równy summie ciężarów a+b+c *i między tym ciężarem a massą* d *znalazłszy spólny środek cięžkości w punkcie H, ten będzie środkiem cięžkości szukanym.*

IV. Znależć środek cięžkości Tróykąta ABC (*Oddział II. Tablica I. Figura* 11). *Podzielmy bok tróykąta CB na dwie równe części w punkcie E, i poprowadźmy liniią prostą AE, punkt E iest środkiem cięžkości linii CB* (252). *Liniia zaś AE przechodząc przez środek cięžkości linii CB, będzie oraz przechodziła przez środek cięžkości wszelkich liniy równoodległych od CB a zakończonych bokami tróykąta AC, AB, czyli środek cięžkości tróykąta ACB będzie się znaydował na linii AE. Podzielmy drugi bok tróykąta AB na dwie równe części w punkcie D, i poprowadźmy liniią prostą DC, ta podobnież przechodzi przez środek cięžkości wszelkich liniy równoodległych od AB, czyli środek cięžkości tróykąta znayduie się na linii DC, a zatém iest w punkcie F w przecięciu linii DC i AE.*

Z punktu E poprowadźmy EG równoodległą od AB. Dla podobieństwa tróykątów CEG, CBD, liniia EG iest połową linii BD albo AD. Potém dla podobieństwa tróykątów DAF, EGF, iest AD : EG = AF : FE. Ale dzie tarcie gdy ramiona wagi w punkcie E ostrą się wspiéraią, iak bywa pospolicie. Powiększa się także znacznie wahanie się ramion, ieżeli ich środek ciężkości i punkt wsparcia czyli środek

---

liniia AD dwa razy iest tak wielką iak EG; więc AF dwa razy iest tak wielką iak FE, a zatém AF ma takich części 2, iakich AE ma 3, czyli $AF = \frac{2}{3} AE$. Podobnym sposobem okazać można że $CF = \frac{2}{3} CD$.

A zatém środek ciężkości tróykąta znaydziemy, prowadząc liniią od wierzchołka któregokolwiek kąta do środka boku leżącego naprzeciw temu kątowi: odległość środka ciężkości od tego wierzchołka będzie $\frac{2}{3}$ téy linii: to ie t środek ciężkości tróykąta, przypada na środek iego wielkości.

Podobnym sposobem znaydziemy środek ciężkości wielokąta foremnego, wyznaczywszy środek iego wielkości.

V. Znaleźć środek ciężkości równoległościanu ADEG (Oddział II. Tablica I. Figura 12). *Poprowadźmy w równoległoboku ABCD dwie przekątne AD, CB, punkt I w którym się przecinaią przekątne iest środkiem ciężkości równoległoboku. Dla teyże przyczyny punkt K iest środkiem ciężkości równoległoboku HGFE. Poprowadźmy płaszczyzny BCFH, ADEG. Każda z nich dzieli równoległościan na dwie części równe, a zatém każda przechodzi przez środek iego ciężkości: więc w środku ich przecięcia IK będzie środek ciężkości równoległościanu.*

Takimże sposobem można wyznaczyć środek ciężkości graniastosłupów i walców, biorąc wahania się na iedenże punkt przypadaią. Bo w takim razie zawsze będzie równowaga, iakieżkolwiek ramiona wezmą położenie, czy to poziome czy nachylone. Tak *np.* gdy środek ciężkości

---

połowę linii prostéy łączącéy środki ścian przeciwnych.

VI. Znaleźć środek ciężkości ostrosłupa. *Niech będzie ostrosłup SABC* (Oddział II. Tablica I. Figura 13) *którego podstawa iest tróykąt ABC. Szukaymy naprzód środka ciężkości podstawy ostrosłupa ABC. Prowadźmy liniią prostą AD od wierzchołka kąta A do punktu D, to iest środka BC. Na linii AD weźmy AF = ⅔ AD, punkt F będzie środkiem ciężkości tróykąta ABC podług IV prawidła. Od tego punktu poprowadźmy liniią prostą FS do wierzchołka ostrosłupa. Liniia FS idąca przez środek ciężkości płaszczyzny ABC, idzie oraz przez środek ciężkości wszystkich płaszczyzn równoodległych od podstawy ABC, a zatém idzie przez środek ciężkości ostrosłupa SABC. Szukaymy powtóre środka ciężkości tróykąta BSC. Prowadźmy liniią SD do środka BC, i weźmy SE = ⅔ SD, punkt E będzie środkiem ciężkości płaszczyzny BSC, a zaś liniia AE będzie przechodziła przez środek ciężkości ostrosłupa. A więc punkt G w którym przecinaią się dwie linie SF, AE iest środkiem ciężkości ostrosłupa SABC.*

Poprowadźmy liniią prostą FE. Ponieważ liniia DF = ⅓ AD i DE = ⅓ DS; a zatém tróykąty FDE, ADS są sobie podobne:

ramion i środek ich wahania się iest w punkcie E; na ten czas ieżeli ciężary równe M i D położymy na talerzach; zawsze będzie $M \times CE = D \times BE$ (252) czyli zawsze będzie równowaga,

---

więc FE iest równoodległa od AS, a zatém $FE = \frac{1}{3} AS$.

Znowu tróykąty FGE, SGA są podobne, a zatém $FE : AS = FG : SG$, a że $FE = \frac{1}{3} AS$, więc $FG = \frac{1}{3} SG$: a zatém SG ma takich części 3, iakich SF ma 4 czyli $SG = \frac{3}{4} SF$.

A zatém, aby znaleść środek ciężkości ostrosłupa, którego podstawa iest tróykąt, trzeba naprzód znaleść środek ciężkości podstawy: potém od tego punktu poprowadzić liniią prostą do wierzchołka ostrosłupa: będzie odległość środka ciężkości ostrosłupa od iego wierzchołka równa $\frac{3}{4}$ téy linii.

Podobnie znaleść można środek ciężkości ostrosłupa maiącego za podstawę iakikolwiek wielokąt np. *pięciokąt. Poprowadźmy w tym pięciokącie dwie przekątne od wierzchołka iakiegokolwiek kąta: podzieli się przez to pięciokąt na trzy tróykąty, które możemy uważać za podstawy trzech ostrosłupów schodzących się w iednym punkcie i składaiących podany ostrosłup. Znaydźmy środek ciężkości pięciokąta podług prawidła IV. i od tego punktu do wierzchołka ostrosłupa poprowadźmy liniią prostą: weźmy na niéy punkt odległy od wierzchołka na $\frac{3}{4}$ całéy linii: przez ten punkt poprowadźmy płaszczyznę równoodległą od podstawy ostrosłupa, ta przechodzić będzie przez środek ciężkości trzech ostrosłupów, których podstawami są tróykąty: a zatém przecho-*

iakieykolwiek będą długości sznurki do których są przywiązane talerze z ciężarami, byle iednakowo ważyły: bo iż kierunek ciężkości iest pionowy; więc ciężary M i D leżące na talerzach,

---

dzi także przez środek ciężkości ostrosłupa którego podstawą iest pięciokąt. Więc od środka ciężkości podstawy iakiegokolwiek ostrosłupa poprowadziwszy do iego wierzchołka liniią prostą, wziąć téy linii $\frac{3}{4}$ części, a wyznaczy się środek ciężkości ostrosłupa. Stąd wypada że i ostrokręgu środek ciężkości iest odległy od iego wierzchołka na $\frac{3}{4}$ osi.

VII. Znaleźć środek ciężkości półkuli. *Niech będzie AB* (Oddział II. Tablica I. Figura 14) *średnica półkuli AIB i walca na niéy opisanego ABDE, a zaś liniia ED równa AB niech będzie średnica ostrokręgu CDE. Podług poprzedzaiącego prawidła środek ciężkości ostrokręgu CDE będzie w punkcie F odległym od C na $\frac{3}{4}$ linii CI. a podług piątego prawidła, środek ciężkości walca ABDE będzie w punkcie H odległym od C na $\frac{1}{2}$ linii CI. Ponieważ tedy $CF = \frac{3}{4}\,CI$, a zaś $CH = \frac{1}{2}\,CI$; więc $FH = CF - CH = \frac{3}{4} - \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$, to iest $FH = \frac{1}{4}\,CI$. Ponieważ massa walca ABDE równa iest summie mass półkuli AIB, i ostrokręgu CED: więc punkt H to iest środek ciężkości walca możemy uważać za spólny środek ciężkości półkuli i ostrokręgu, a punkt F za środek ciężkości samego ostrokręgu. A zatém massy te są w stosunku odwrotnym swych odległości od spólnego środka (254): to iest, massa półkuli tak się ma do massy ostrokręgu iak FH odległość ostrokręgu od spólnego środka* tak działaią na siebie, iak gdyby były w punktach C i B. Jeśli ramiona takiéy wagi wezmą położenie linii *bc*, wtedy kierunki ciężkości ciał leżących na talerzach będą *cm*, *bd* i ciało M będzie w punkcie *m*, a ciało D będzie w punkcie *d* i te ciała tak będą działały na siebie, iak gdyby były w punktach *o* i *n*, które to punkta ponieważ są iednakowo odległe od środka ciężkości E, więc będzie równowaga. Ale że prawie ustawiczne i prędkie ich wahanie się wymaga długiego czasu i wielkiéy pilności w ważeniu ciężarów; przeto dla wygody, robią pospolicie takie wagi, w których środek ciężkości ramion iest niżéy pun-

---

ciężkości, do odległości półkuli od tegoż środka, która będzie GH.

A zatém środek ciężkości półkuli, będzie w punkcie G. A że massa półkuli ABI iest dwa razy większa od massy ostrokręgu CED; więc FH odległość ostrokręgu od spólnego środka ciężkości, iest dwa razy większa od tegoż środka, to iest $GH = \frac{1}{2} FH$, *że zaś* $FH = \frac{1}{4} CI$, *więc* $GH = \frac{1}{8} CI$. *Potem* $CG = CH - GH = \frac{1}{2} CI - \frac{1}{8} CI = \frac{3}{8} CI$.

To iest środek ciężkości półkuli odległy iest od środka kuli na $\frac{3}{8}$ *promienia.*

Można wyznaczyć mechanicznie środek ciężkości ciała następuiącym sposobem. Położywszy ciało na drzewie, albo metalu tróygraniastym naprzód wzdłuż potém wszerz, trzeba w piérwszym i w drugim razie póty posuwać w tę i w ową stronę, póki nie będzie równowaga, i na mieyscach wsparcia kreski pociągnąć: punkt w którym się owe kreski przecinaią wyznaczy środek ciężkości tego ciała.

ktu ich wsparcia, czyli środka wahania się. Takie ułożenie wagi iest w ten czas tylko dokładne kiedy iéy ramiona maią położenie horyzontalne, w innym zaś położeniu ramion niedokładność wagi okaże się. Niech *np.* tróykąt ASB (*Oddział II. Tablica I. Figura* 16) oznacza wagę w któréy punkt S iest środkiem wahania się iéy ramion, a punkt C iest ich środkiem ciężkości. Poprowadźmy liniią SC. W odległościach równych od środka wahania się S to iest AS, BS zawieśmy ciężary równe P, M. Jeżeli położenie ramion wagi iest horyzontalne, siły ciał zawieszonych będą równe: to iest będzie P × AS = M × BS (252) i ciała wiszące P, M można uważać iak gdyby leżały na punktach A, B. Ale ieśli ramiona wagi wezmą położenie linii *ab.* na ten czas ciało M będzie w punkcie *m*, a ciało P w punkcie *p*. Przez środek wahania się S poprowadźmy liniią r S *w* równoodległą od AB i spotykaiącą kierunki ciężkości ciał w punktach *r. w.* Oczywista iest że odległość ciała *m* od środka wahania się iest większa od odległości ciała *p* w punkcie *w* uważanego od tegoż środka. Takie iednak urządzenie wagi, bynaymniéy nie omyli ieśli ramiona maią położenie horyzontalne. Dla tego w środku wahania się S (Figura 17) daie się skazownik D prostopadły do ramion wagi: podług niego można poznać czyli ramiona SA, SB maią położenie horyzontalne.

Dokładność wagi zależy także od długości ramion, których iednak grubość stosować potrzeba do ciężarów iakie ważyć mamy.

Pospolicie na końcach ramion wagi są kółka do których przywięzuią się sznurki z talerzami, co żadnego uchybienia nie sprawi ieżeli środki tych kółek i środek wahania się ramion czynią liniią prostą.

Czasem ramiona fałszywéy wagi będą w położeniu horyzontalném, a to w ten czas się trafi, kiedy iedno ramie będzie krótsze od drugiego, ale równéy massy. Aby się przekonać o tey niedokładności; trzeba naprzód kłaść na obadwa talerze tyle ciężarów aby stanęła równowaga; a potém przełożyć ciężary z iednego talerza na drugi. Jeżeli waga iest fałszywa, ramiona iéy nie będą miały położenia horyzontalnego po przełożeniu ciężarów: bo równowaga w pierwszym razie stąd pochodziła iż ramie krótsze obciążone było większą massą (254) a ramie dłuższe mnieyszą: więc po przełożeniu ciężarów równowaga się zepsuie.

257. *Przemian czyli Waga Rzymska* (statera).

Ważą się czasem ciężary Przemianem, który tém się różni od pospolitey wagi iż iego ramiona są nierówne. *(Oddział II. Tablica I. Figura* 18 *Prima).* Talerz T iest na krótszém ramieniu: podpora czyli środek wahania się ramion iest w punkcie *p*. Ciężarek zaś W wiesza się na ramieniu dłuższém, podzieloném na części tym sposobem: Na talerzu T położywszy *np.* funt 1. ciężarek W póty posuwaią póki nie będzie równowaga. To mieysce ciężarku W na ramieniu znaczą liczbą 1. kładąc potém poiedynczo na talerzu T funtów 2, 3, 4, 5 i t. d. znaczą też same liczby na dłuższém ramieniu przez posuwanie ciężarku W aż do równowagi. *Figura* 18 *Secun:* wystawia przemian bardzo pospolity. Na iednym końcu iest waga W. na drugim z haku C wieszaią towar: podporę P tu i owdzie przesuwaią, póki towar na haku C zawieszony nie stanie do równowagi z ciężarem W.

258. *Drąg* (vectis). Naylepszy iest sposób dochodzenia prawdy, postępować od wiadoméy rzeczy do niewiadoméy. Teorya wagi którą znamy, posłużyć nam może do wytłumaczenia skutków wszelkich innych machin. I tak, drąg którego używaią do podnoszenia ciężarów nie co innego iest tylko waga.

Drąg wyrażony liniią SC (*Oddział II. Tablica II. Figura* 19) i wspiéraiący się na podporze P, iest toż samo co waga w punkcie P zawieszona. Przeto cośmy powiedzieli o wadze, to samo do drąga przystosować możemy. Jako w wadze uważaliśmy punkt iéy podpory czyli środek wahania się, i ciężary na iéy ramionach; tak i w drągu uważać będziemy podporę i ciężary na końcach drąga, z których ciężarów ieden zwać będziemy ciężarem a drugi nazwiemy siłą. Lecz w drągu rozmaite mieysce bydź może dla podpory, ciężaru i siły; stąd będą trzy gatunki drąga.

I. Jeżeli podpora iest między ciężarem i siłą, będzie drąg pierwszego gatunku.

II. Jeżeli ciężar iest między siłą i podporą, będzie drąg drugiego gatunku.

III. Jeżeli siła iest między ciężarem i podporą, będzie drąg trzeciego gatunku. Ponieważ drąg iest toż samo co waga; więc *w każdym gatunku drąga, tak się ma siła do ciężaru, iak odległość ciężaru od podpory do odległości siły od podpory*, czyli siła i ciężar są w stosunku odwrotnym swych odległości od środka.

Zastanówmy się w szczególności nad każdym gatunkiem drąga.

259. W drągu pierwszego gatunku (*Oddział II. Tablica II. Figura* 19) niech liniia SP oznaczaiąca odległość siły od podpory będzie

łokci 3. siła S funtów 6, ciężar C funtów 6, odległość iego od podpory łokci 3. będzie $S \times SP = C \times CP$ czyli $6 \times 3 = 6 \times 3$: to iest, w drągu pierwszego gatunku, gdy podpora przypada na iego środek, na ten czas ciężar równy iest sile. Jeśli drąg SC weźmie położenie linii *sc*, łuk S*s* będzie równy łukowi C*c*. to iest drogi przebieżone od siły i ciężaru są równe:

Jeżeli podpora bliżéy iest siły (*Figura* 20) *np.* odległość siły od podpory czyli $SP = 3$ łokci odległość ciężaru od podpory czyli $CP = 9$ łokci, Siła $S = 6$ funt: Ciężar $C = 2$ funty będzie $S \times SP = C \times CP$ czyli $6 \times 3 = 2 \times 9$: lecz łuk C*c* iest większy od łuku S*s*: to iest: gdy podpora bliżéy iest siły, na ten czas droga przebieżona od ciężaru iest większa od drogi, którą siła przebiega, ale za to siła większa bydź powinna aniżeli ciężar.

Będzie zaś przeciwnie, ieśli weźmiemy ciężar za siłę, a siłę za ciężar, a zatém im bardziéy powiększa się siła przez swą odległość od podpory, tém większą drogę przebiega aniżeli ciężar.

260. W drągu drugiego gatunku (*Oddział II. Tablica II. Figura* 21) niech będzie siła w punkcie S. Ciężar C, podpora P. W takim drągu odległość siły od podpory, zawsze iest cała długość drąga, a zaś odległość ciężaru od podpory iest tylko iego część. A zatém im bliżéy iest ciężar C podpory P, tém łatwiéy go siła podniesie, ale nie wysoko. Bo ieśli siła przebieży łuk S*s* tedy ciężar w tym samym czasie przebieży łuk C*c* tém mnieyszy, im bliżéy iest ciężar podpory. Przeto takiego gatunku drąga używaią pospolicie do podnoszenia ciężarów wielkich, ale nie wysoko.

261. W drągu trzeciego gatunku (*Oddział II. Tablica II. Figura* 22) niech będzie siła w

punkcie

punkcie S, ciężar C na iednym końcu drąga, a podpora P na drugim. W takim drągu odległością ciężaru od podpory, zawsze iest cały drąg CP. a zaś odległość siły od podpory, iest tylko część drąga CP. A zatém siła większa być powinna aniżeli ciężar: lecz droga przebieżona od ciężaru w iednymże czasie, iest większa od drogi przebieżoney od siły. To zyskowanie czasu iest przyczyną iż drąga trzeciego gatunku używaią do podnoszenia lekkich ciężarów na znaczną wysokość: iako to gdy snopki lub siano z wozów składaią: widelce, łyżki, ręce ludzkie podnoszące ciężary i t. d. należą do gatunku drąga trzeciego.

Częste iest używanie drągów. Tak *np.* robotnicy maiąc podnosić wielki ciężar, biorą się do pierwszego lub drugiego gatunku drąga: ten zasadziwszy pod ciężar, ieżeli ramie iego dłuższe na dół przyginaią; używaią drąga gatunku pierwszego: ieśli zaś iego ramie do góry podnoszą, używaią drąga gatunku drugiego. Różne narzędzia których używaią ludzie dla ulżenia sile, należą do gatunku drąga albo pierwszego, albo drugiego, iako to: nożyczki, wiosła na statkach, drygawki na tratwach, żorawie u studzień i t. p.

262. Używaiąc drąga któregokolwiek gatunku, szczególniéy mamy wzgląd na podporę i na odległość od niéy siły i ciężaru. Że zaś wszelkie machiny o których mówić będziemy, należą do gatunków drągów, więc aby w nich poznać podporę, trzeba uważać punkt, koło którego machina biega, a ten będzie podporą. Od niéy poprowadziwszy liniią prostopadłą do kierunku siły; ta oznaczy odległość iéy od podpory: poprowadziwszy zaś prostopadłą od podpory do kierunku ciężaru, wyznaczy się iego odległość od podpory. I tak *np.* niech będzie (*Oddział II.*

Tablica II. Figura 23) drąg krzywy SPC, którego podpora w punkcie P. kierunek ciężaru Cc, a zaś kierunek siły Ss. Od podpory P poprowadziwszy prostopadłe Ps, Pc do kierunków siły i ciężaru; możemy brać drąg prosty cPs za drąg krzywy CPS.

263. *Koło na walcu* (*Axis in peritrochio*). Do wznoszenia ciężarów na znaczną wysokość używaią koła na walcu: którego są takie części. (*Oddział II. Tablica II. Figura* 24). Walec BTD i koło R*r* na nim osadzone. Siła iest na okręgu koła R*r*, ciężar zaś uczepiony iest na sznurze Cc wiiącym się na walcu. A zatém, gdy siła obeydzie okrąg koła Rr, ciężar obeydzie w tym samym czasie okrąg walca CTBD, czyli podniesie się na wysokość równą obwodowi walca. Ta machina należy do drąga pierwszego lub drugiego gatunku. Niech będzie (*Oddział II. Tablica II. Figura* 25) koło i walec w poprzecz przecięte iak wystawia figura. Przecięcie walca iest g*h*M, drążki P*p*, Ss, w walcu utwierdzone, wyrażaią średnicę koła osadzonego na walcu; punkt *h* przez który oś walca przechodzi iest podporą. Daymy że siła iest na P. ciężar na sznurze gG, tedy odległość siły od podpory będzie P*h*; odległość zaś ciężaru od podpory będzie g*h*. a zatém gdy siła ciągnie drążek P*h* na dół; wtedy koło na walcu iest drągiem pierwszego gatunku (258. I.) Jeśli zaś siła znayduie się w punkcie *p*, ciężar zawsze będzie w punkcie g, na ten czas siła podnosi drążek *ph* do góry, i w tym razie koło na walcu iest drągiem drugiego gatunku (258 II). A zatém w obudwu razach, tak się ma siła do ciężaru, iak odległość ciężaru od podpory do odległości siły od podpory; czyli: *tak się ma siła do ciężaru iak promień walca do promienia koła które drążek przebiega.*

Ponieważ siła zawsze iest na kole, a ciężar na walcu; przeto gdy siła koło raz obróci; ciężar w tym samym czasie będzie tak wysoko podniesiony albo zniżony, iak iest wielki okrąg walca. Więc obwody koła i walca są drogi przebieżone od siły i ciężaru w iednymże czasie. A zatém w téy machinie tak się ma prędkość siły do prędkośći ciężaru iak obwód koła do obwodu walca (221).

Położenie koła na walcu może bydź dwoiakie: 1. Albo koło iest pionowe a walec horyzontalny; na ten czas ciężar wznosi się lub opada pionowo: iak *np.* gdy tą machiną wodę ze studni ciągną. 2. Albo koło iest horyzontalne a walec pionowy; na ten czas ciężar idzie kierunkiem horyzontalnym: takiego sposobu używaią do obracania wiatraków; przyciągania z wody do lądu statków; tratew i t. p. W obudwu razach iednakowy iest stosunek syły do ciężaru w kole na walcu.

264. *Krążek czyli Blok* (trochlea). Krążek czyli Blok, iest talerzyk okrągły drewniany lub metalowy po wierzchu wydrążony, aby w tém wydrążeniu sznur utrzymywał się; Blok obraca się na walcu czyli na swéy osi.

Jeżeli blok z swoią osadą nie podnosi się w górę ani opada na dół, tylko obraca się około swéy osi, na ten czas zowie się nieruchomym.

Gdy zaś blok z swoią osadą wznosi się w górę lub opada na dół, w tenczas nazywa się blokiem ruchomym.

265. Co do bloku nieruchomego: (*Oddział II. Tablica II. Figura* 26). Niech będzie blok CA nieruchomy, przepuśćmy przezeń sznurek SCAM i u iego końców zawieśmy ciężary równe S, M, z których ieden S nazwiymy siłą; a M nazwiymy ciężarem. Od podpory P poprowa-

dziwszy prostopadłe do kierunków siły i ciężaru, te będą PC, PA równe sobie, iako promienie koła. Więc blok nieruchomy należy do drąga gatunku piérwszego w którym podpora iest w samym środku: a zatém siła równa się ciężarowi, więc w iednakowym czasie równą drogę przebiegaią i siła i ciężar: a tém sam czas się nie skraca. Wygodny iest taki blok 1. iż tarcie sznuru umnieysza, bo ten zmyka się po wydrążeniu bloka. 2. Czyni dogodne położenie dla siły, bo ta ciągnąc na dół podnosi tém samém ciężar w górę.

266. Co do bloku ruchomego (*Oddział II. Tablica II. Figura* 27. 28. Podpora w tym bloku iest *p* albo P: więc odległość ciężaru W od podpory, będzie prostopadła od podpory poprowadzona do kierunku ciężaru, to iest będzie PC promień bloku: od téyże podpory P poprowadziwszy prostopadłą PA do kierunku siły, ta będzie równa średnicy bloku. A zatém blok ruchomy należy do drąga gatunku drugiego (258 II.) w którym ciężar iest na połowie drąga. A zatém: *w Bloku ruchomym tak się ma siła do ciężaru iak* 1 : 2, czyli iak promień bloku do iego średnicy.

267. *Równia pochyła (Planum inclinatum).* Często siła utrzymuie ciężar, albo go porusza po płaszczyznie pochylonéy czyli równi pochyłéy: iako to *np.* konie ciągną wóz pod górę, robotnicy po dwóch drzewach z ukosa położonych inne drzewa do góry posuwaią, podobnie zataczaią po płaszczyznach pochyłych ogromne massy kamieni do znacznych wysokości i t. p.

Równią pochyłą wystawia *Oddział II. Tablica II. Figura* 29. Płaszczyzna AC zowie się długością równi pochyłéy, BC iéy podstawą, a zaś od A spuszczona prostopadła A*m* do podstawy okazuie wysokość równi pochyłéy.

Siła dwoiako może utrzymywać ciężar na równi pochyłéy 1. równoodlegle od iéy długości 2. równoodlegle od iéy podstawy.

Co do piérwszego przypadku: Niech na desce gładkiéy CA (Figura 29) leży wałek okrągły maiący czopki *a*, *b* od których idą dwa sznurki równoodlegle od deski AC, przepuszczone przez bloczki nieruchome przy A będące: na końcach tych sznurków wiszą dwa ciężarki D, *d* ważące razem tyle ile połowa wałka *ab*. Jeżeli deskę CA tak podniesiemy, aby wysokość równi pochyłéy A*m* była połową iéy długości CA; na ten czas ciężarki D*d* będą w równowadze z wałkiem *ab*. Niech ciężarki D*d* znaczą siłę, wałek *ab* znaczy ciężar od siły utrzymywany: będzie siła do ciężaru iak wysokość równi pochyłéy do iéy długości.

Co do drugiego przypadku. Jeżeli siła utrzymuie ciężar na równi pochyłéy w kierunku równoodległym od iéy podstawy; będzie się miała do ciężaru iak wysokość równi pochyłéy do iéy podstawy. Doświadczenie tego podobne iest do poprzedzaiącego, tylko potrzeba bloczki tak pochylić aby sznurki po nich idące były równoodległe od podstawy BC.

267. *Równia pochyła należy do drąga piérwszego gatunku.* Niech będzie równia pochyła IWL (*Oddział II. Tablica II. Figura* 30) połóżmy na niéy ciało S okrągłe i iednorodne więc iego środek ciężkości i wielkości będzie w punkcie S. Gdyby to ciało nie było utrzymywane od równi pochyłéy, spadłoby kierunkiem pionowym SH. Że iest okrągłe, wspiera się na równi pochyłéy w punkcie P. Niech *naprzód* siła ciągnie kierunkiem SD równoodległym od długości IW.

a zatém od podpory P poprowadziwszy prostopadłe do kierunków ciężaru i siły, wyznaczą się tém samém ich odległości: to iest, SP będzie odległość siły od podpory, a zaś CP iest odległość ciężaru od podpory, więc SPC iest drągiem piérwszego gatunku, w którym siła iest w punkcie S, podpora w P a ciężar w punkcie C. A zatém siła do ciężaru ma się iak CP do SP. Dla podobieństwa tróykątów prostokątnych SPC, IWL iest CP : SP = IL : IW. A zatém: *siła do ciężaru, iak IL do IW*, to iest: *iak wysokość równi pochyłéy do iéy długości.*

268. Niech *powtóre* siła K ciągnie ciężar równoodległe od podstawy LW, to iest kierunkiem KS. W tym razie będzie odległość siły od podpory OP a zaś odległość ciężaru od podpory będzie CP, więc OPC iest drągiem gatunku piérwszego: a zatém siła ma się do ciężaru iak CP do OP albo CS bo OP = CS. Dla podobieństwa tróykątów SPC, ILW iest CP : CS = IL : LW, więc: *Siła do ciężaru ma się iak IL : LW* czyli: *iak wysokość równi pochyłéy do iéy podstawy.*

Równia pochyła nie utrzymuie całego ciężaru ale tylko część iego, tém większą, im bardziéy będzie pochylona, czyli im mnieyszy będzie kąt IWL. (b).

(b) Spadanie ciał po równi pochyłéy. *Siła spadaiącego ciała po równi pochyłéy, zależy od iego ciężkości umnieyszonéy tylko przez płaszczyznę pochyłą. Aby łatwiéy wyznaczyć to umnieyszenie; niech będzie w punkcie P* (Oddział II. Tablica II. Figura 30) *równi pochyłéy IW ciało okrągłe S. Poprowadźmy od iego środka S pionową liniią SF która niech wyobraża siłę ciężkości.*

269. *Śruba (Cochlea).* Śruba iest to samo co równia pochyła. Na okazanie tego, wystrzyż z papiéru tróykąt prostokątny ACB (Od-

---

Gdybyśmy z punktu F poprowadzili równoodległą od PS aż do spotkania się z przedłużoną liniią DS; wtedy liniia SF wyrażaiąca siłę ciężkości byłaby przekątną równoległobu, a zatém może bydź rozebrana na dwie siły (243) iednę SP prostopadłą do równi pochyłéy, nie działaiącą w tym razie; drugą PF któréy w każdym momencie ciało podlega. Dla podobieństwa tróykątów SPF, ILW iest, PF:SF = IL:IW. to iest siła działaiąca tak się ma do siły ciężkości iak wysokość równi pochyłéy do iéy długości. Wysokość równi pochyłéy iest w iednostaynym stosunku z iéy długością; a zatém i siła działaiąca iest w iednostaynym stosunku z siłą ciężkości. A że siła ciężkości iest iednostayna; więc i siła działaiąca iest także iednostayna. Skąd wypada iż ciało dąży po równi pochyłéy biegiem iednostaynie przyśpieszonym. Więc wszystko tu przystosować można, cośmy wyżéy o tym biegu powiedzieli. Gdyby iedno ciało biegło po równi pochyłéy IW, a drugie spadało po linii pionowéy IL, ich prędkości byłyby w iednostaynym stosunku, bo takby się miały iak IL do IW.

Z punktu L poprowadźmy prostopadłą LX do długości równi pochyłéy, tą wyznaczy drogę IX przebieżoną od ciała w tym samym czasie, w którymby, pionowo spadaiąc, przebiegło IL. Bo dla podobieństwa tróykątów ILX, ILW iest, IX:IL:IW.

dział II. Tablica II. Figura 31) ten okazywać będzie równią pochyłą, któréy długość iest AB, podstawa AC, wysokość BC. Przyłożywszy bok BC do wałeczka, potrzeba tróykąt ABC tak nań nawiiać, aby bok AC na siebie zachodził, tedy bok AB śrubę okaże z gwintem po wierzchu idącym. Jeżeliby zaś tróykąt był nawiiany na wałeczek zaczynaiąc od kąta A, wtedy bok AB zrobi gwinty wewnętrzne. A zatém śruba iest równią pochyłą. Odległość dwóch nayblizszych gwintów, znaczy wysokość równi pochyłéy: dwa gwinty nayblizsze wzięte na około od punktu *a* do *b* znaczą długość równi; okrągłość, czyli grubość śruby znaczy podstawę równi pochyłéy. Uważaliśmy tylko dwa gwinty iako czyniące równią pochyłą; lecz w rzeczy saméy tyle iest równi pochyłych, ile iest gwintów.

Siła podnosząc ciężar śrubą albo go opuszczaiąc ma kierunek równoodległy od grubości śruby, ciężar zaś za każdym obrotem śruby podniesie się lub opadnie na odległość dwóch gwintów: a zatém: *tak się ma siła do ciężaru iak odległość dwóch gwintów, do grubości śruby*, czyli, iak wysokość równi pochyłéy, z któréy tworzy się śruba, do iéy podstawy. To zaś iest tylko w tenczas, gdy siła chwyta za samę okrągłość śruby: bo gdyby w nią włożony był drążek *mn*, na ten czas siła obiegłaby okrąg *md* od drążka uczyniony, a zatém takby się miała do ciężaru, iak odległość dwóch gwintów do okręgu koła zrobionego od drążka.

Stąd wypada: że im gęstszy iest gwint w śrubie, tem większa iest iéy siła: powiększa się także siła przez długość drążka: dla tego ślusarze przykręcaią swoie śrubstaki: dla tego w prasach do ściskania iakich rzeczy służących wkładaią w śruby drągi. Śrub używaią do spaiania takich sztuk które czasem rozbierać trzeba iuż do poprawy iuż do wyczyszczenia.

270. *Śruba Archimedesa.* Przypisuią Archimedesowi wynalazek następuiącéy śruby. *(Oddział II. Tablica II. Figura* 32). Jest to walec AB opasany wężownicą dętą C D *d* E *e* F i t. d. i obracaiący się na dwóch czopkach A i B. Nachylaią ten walec do ziemi tak, aby to nachylenie czyniło kąt 45 stópni mniéy lub więcéy, i otwor wężownicy C zanurzaią w wodę, którą trzeba do gory podnosić. Jeżeli za pomocą korby RB lub innym iakim sposobem obraca się walec AB; tedy woda wpływaiąc przez otwor C w wężownicę, przechodzi wszystkie iéy zakręty, i wylewa się przez otwor H. Jest to machina nayprostsza i wynalazek iéy nayszczęśliwszy. Można mówić że w śrubie Archimedesa woda podnosi się do góry opadaiąc na dół. Jakoż część wody wchodząca w otwor C dla ciężkości swoiéy opadnie do D. Jeżeli punkt D wężownicy, przez obrot walca, weźmie położenie mieysca *d*; to i część wody będąca piérwéy w punkcie D, weźmie także położenie mieysca *d* i opadnie do E. Tym to sposobem przebiega woda wszystkie zakręty wężownicy, aż do punktu H gdzie się wylewa. Oczywista rzecz, iż woda wyniesiona iest od swéy powierzchni AM na wysokość HM: a zatém ta machina użyteczna bydź może do wylewania wody ze statków, kanałów i t. p.

271. *Klin (Cuneus).* Klin iest to samo co równia pochyła. Gdy go w drzewo wciskaią, tedy części drzewa tak daleko od siebie odchodzą, iaka iest grubość klina: siła zaś wciskaiąca przebiega długość klina. Więc: *w klinie tak się ma siła do ciężaru: iak grubość klina do iego długości.* Stąd, im cieńsze są kliny, tém

łatwiéy w drzewo wciśnione bydź mogą, iak to się prawdzi na nożach, siekierach i t. p.

§ 27. *O niektórych Machinach złożonych.*

272. *Drągi złożone.* Z drągów piérwszego gatunku możnaby ułożyć machinę, bardzo siłę powiększaiącą, następuiącym sposobem. Kilka drągów, maiących własne podpory, niech tak będzie ułożonych, aby końce iednego zachodziły na końce drugich: *np.* drąga średniego CD (*Oddział II. Tablica II. Figira* 33) końce C, D niech zachodzą na końce B, E drągów AB, EF, i machina będzie sporządzona w któréy siła do ciężaru ma się w stosunku składanym z odległości ciężaru od podpory i siły od podpory w trzech drągach poiedynczych. Niech AG, CH, EI długie będą na 1 cal, a zaś GB, HD, IM niech maią długości po 5 cali. Zawiesiwszy w punkcie A ciężar ważący funtów 125: a na punkcie M funt 1; będzie równowaga. Bo w każdym poiedynczym drągu siła ma się do ciężaru iak 1 : 5 a zatém w machinie z trzech drągów złożonéy, będzie siła do ciężaru iak $1 \times 1 \times 1 : 5 \times 5 \times 5$ czyli iak 1 : 125. Taka machina nie mogłaby bydź użyteczna: bo gdy długie są drągi, każdy z nich osobną podporę mieć powinien, prócz tego ta machina wiele mieysca zabiéra i ciężar niewysoko podnosi.

273. *Przemian złożony.* Oprócz przemianu wyżéy położonego (257) używany bywa Przemian złożony, którego części są następuiące (*Oddział II. Tablica II. Figura* 34) NG, OD są dwie sztaby żelazne zawieszone kółkami N, O, na hakach: spoione są drągiem RS, aby zawsze miały kierunek pionowy, i to iest dopiéro osada do