

sekundzie dla oporu powietrza, a szczególniéj dla siły ciężkości któręj kierunek jest na dół, ubieży tylko prętów 5. w trzeciéj prętów 3, w czwartéj 1. Tu straciwszy całą siłę od rzutu, puści się ciężkością swoją na dół i spadać będzie biegiem iednostajnie przyspieszonym: przebieży zatem w piérwszéj sekundzie pręt 1. w drugiéj prętów 3, w trzeciéj 5, w czwartéj prętów 7, i na ziemi zostanie. Jednakowy zatem czas bieży ciało do góry i spada na dół. Maiąc zatem wiadomy ten czas, łatwo można wyznaczyć wysokość do iakiéj było wyrzucone. Dajmy że bieg ciała do góry i na dół trwa przez 10 sekund; więc biegło do góry przez 5 sekund, a przez drugie 5 sekund spadało na ziemię, a zatem przebiegło wysokość $5 \times 5 = 25$ (251).

§ 23. O Biegu składanym.

240. Jeśli ciało bieżące podlega iednéj tylko sile, bieg iego zowie się poiedynczym, jeśli zaś podlega więcej iak iednéj sile, bieg stąd powstaiący zowie się składany.

241. Kierunki sił nakłaniaiących ciało do biegu albo 1° mogą bydz w iedną stronę; albo 2° wprost sobie przeciwną; albo 3° kierunki sił mogą czynić kąt iaki.

Co do piérwszego przypadku: Jeśli kierunki sił są w iedną stronę; ciało podlegać będzie obudwu siłom: np. iedna siła niech będzie wyrażona liczbą 4 a druga liczbą 5, ciało mieć będzie siłę wyrażoną liczbą 9.

Co do drugiego przypadku: Jeśli kierunki sił są wprost sobie przeciwné; na tenczas te siły, albo sobie są równe, albo nierówne: jeśli są równe, tedy iedna siła sprawi skutek a druga go zniszczy, czyli ciało zostanie w spoczynku. Jeśli są nierówne siły,

natenczas ciało pójdzie kierunkiem siły większej, ale będzie miało siłę równą różnicy dwóch sił: np. jest siła 8 w prawą stronę, a zaś 3 w lewą stronę, ciało pójdzie w prawą stronę siłą 5.

Nakoniec, co do trzeciego przypadku: Jeśli kierunki sił ciągnących czynią iaki kąt, wtedy ciało średnią drogę między temi dwoma kierunkami przebiega. (Odział II. Tablica I. Figura 3). Niech będzie AB ab statek płynący kierunkiem TS . Niech M i N są przedmioty nieruchome na ziemi np. drzewa. Niech D i C są dwie osoby na brzegach rzeki podobnie nieruchome: a zaś A i B są dwie osoby na statku grające w piłkę. Dajmy że w tym czasie gdy piłka leci z A do B , statek odpływa i bierze położenie miejsca ba , natenczas osoba A będzie na a , osoba zaś B odbierze piłkę w punkcie b . Oczywista jest rzecz że odległość piłki od pierwszego ię położenia A jest linią Ab przekątną równoległoboku $ABba$. Gdyby statek był nieruchomy w miejscu AB ba , natenczas piłka przebiegłaby linią AB . Gdyby zaś osoba A nie rzucała piłki do osoby B , tylko statek płynął, natenczas osoba z piłką przebiegłaby linią Aa . Dla tego więc piłka przebiega przekątną Ab , iż podlega dwom siłom których kierunek jest pod kątem BAA : przebiega tę przekątną w tym samym czasie, w którymby przebiegła jedną z tych linii Aa lub AB gdyby podlegała jednej tylko sile. Tymczasem osobom płynącym na statku zdawałoby się że piłka leciała z A do B , ponieważ w tym samym czasie kiedy piłka przybywa do b , osoby te znajdują się na linii ab : nie czując zaś biegu statku, który ich unosi, biorą ab za AB . Leczą inne osoby będące na punktach D i C stosując bieg statku do przedmiotów nieru-

chomych M, N nie będą brały linii *ab* za AB przeto obaczą iż piłka leci z A do b.

242. Z tego doświadczenia następujące prawidło wyprowadzić można: że ciało poruszane od dwóch sił których kierunki czynią kąt, przebiega przekątną równoległoboku zrobionego z dwóch linii oznaczających sił kierunki i z kąta, w tymże samym czasie, w którymby przebiegło iedną linią podlegając iednój tylko sile.

243. Ta przekątna oznaczająca drogę przebieżoną od ciała, jest różna podług różności kąta który czynią kierunki dwóch sił (*Oddział I. Tablica I. Figura 4*). Jeśli kierunki sił AC, AB są sobie równe i pod kątem prostym, ciało przebiega przekątną AD kwadratu. Jeśli kierunki sił AB, AE czynią kąt rostwarty, ciało przebiega przekątną AF mnieyszą niż AD; tak dalece że im rostwartzszy będzie kąt EAB, tém mnieysza będzie przekątna AF, bo w tenczas siły zbliżać się będą do kierunków wprost sobie przeciwnych. Nakomiec jeśli kierunki sił AB, AG czynią kąt ostry, ciało przebiega przekątną AH większą niż AD, i ta przekątna tém większa będzie im mnieyszy będzie kąt GAB: nigdy iednak przekątna AH nie będzie równa summie dwóch kierunków AB, AG, bo w każdym trójkacie summa dwóch boków jest większa od trzeciego.

Gdy dwie siły są równe; o czém sądzić można z równych kierunków AB, AC; wtedy przekątna AD iednakowo jest nachylona do iednój i do drugiey siły, czyli kąt $DAB = DAC$. Ale jeżeli siły są nierówne iako to AB, AE, wtedy przekątna bardziéj się nachyla ku kierunkowi siły większój iak tu ku linii AE.

Stąd wypada: że mając wiadomy kąt, który czynią kierunki sił i ich w szczególności wa-

żność, można wyznaczyć przekątną wyrażającą siłę z dwóch pojedynczych powstającą czyli siłę wypadkową, kreśląc równoległobok z wiadomych dwóch boków i kąta. Podobnie, mając siłę wypadkową, i jedną z pojedynczych sił tudzież ię nachylenie do wypadkowej można znaleźć drugą siłę pojedynczą. Albo można z kilku sił pojedynczych zrobić jedną wypadkową i t. d.

Bieg składany ciągle się wydarza: ziemia obraca się około słońca a tego biegu nie czuimy, odbywamy drogę po ziemi w różne strony i здаie się nam że podlegamy pojedynczemu biegowi, a ten jednak zawsze jest składany, bo razem z ziemią bieg odprawuujemy.

244. Kiedy ciało przebiega połowę Paraboli? Rzućmy ciało poziomo z punktu *A*, do *B*. (*Oddział II. Tablica I. Figura 5*). Dajmy że tylko podlega sile rzucenia: więc w pierwszey *naprzykład*: sekundzie przebieży linią *AD*, w drugiey linią *CD* mnieyszą od *AD* dla oporu powietrza, w trzeciey sekundzie ieszcze mnieyszą linią *CB*, i straciwszy całą siłę rzutu dla opierającego się powietrza, zostałoby na powietrzu w punkcie *B*. Lecz to ciało będąc ciężkiem dąży do ziemi: a zatem podlegając sile ciężkości przebiegłoby w trzech sekundach prętów 9 (231) kierunkiem pionowym: co niech wyraża linia *AE* podzielona na 9 części równych. Więc podlegając ciało dwom siłom to jest sile rzutu i ciężkości, przebieży przekątną. I tak w pierwszey sekundzie od siły rzutu przebiegłoby *AD*, a od ciężkości 1 pręt to jest *A 1*; więc podlegając tym dwom siłom przebieży przekątną *Ab* równoległoboku. Znaydując się na punkcie *b*. od siły rzutu przebiegłoby *bf*, a od siły ciężkości prętów 3 to jest *bc*, więc przebieży przekątną *bh*. Z punktu *h* od siły rzutu przebiegłoby *hO*, a od

ciężkości pretów 5, to jest hn , więc przebieży przekątną hM .

Gdyby stosunek sił rzutu i ciężkości był iednostayny, ciało przebiegłoby linią prostą AM . ale że ich stosunek coraz się odmienna, dla tego ciało przebiega linią krzywą $A b h M$. Porobiliśmy tylko zakrzywienia w punktach b i h , bośmy tylko uważali działanie dwóch sił na końcu pierwszey i drugiéy sekundy; ale że ciało w każdym nieskończenie małym momencie czasu podlega tym dwom siłom; więc tworzyć się będą nieskończenie małe przekątne które utworzą połowę Paraboli.

245. Kiedy ciało przebiega całą parabolę. Rzuciwszy ciało w górę kierunkiem ukośnym do ziemi, natenczas przebieży całą Parabolę. Niech będzie linia pozioma AW (Oddział II. Tablica I. Figura 6). Rzućmy ciało z punktu A kierunkiem AI . czyniącym z linią poziomą kąt JAW . Gdyby to ciało nie było ciężkiem, więc biegłoby kierunkiem AI . Dajmy że tę drogę AI przebiega w sześciu sekundach: więc w pierwszey sekundzie przebiegłoby linią AB , w drugiéy Bb i t. d. w szóstéy nakoniec MI . tu straciwszy całą siłę rzutu dla oporu powietrza, zostałoby na punkcie I . Lecz będąc ciężkiem, dąży do ziemi, i w sześciu sekundach przebiegłoby 36 pretów (231) kierankiem pionowym, co niech wyraża linia IW podzielona na 36 części równych. A zatem podlegając zawsze dwom siłom, to jest rzutu i ciężkości, przebieży linią krzywą.

Podzielmy poziomą AW na 6 części równych, i z ich końców wyprowadźmy prostopadłe CB , $D b$ i t. d.

Linia $CB = \frac{1}{6} IW$ dla podobieństwa trójkątów BAC , IAW .

czyli $CB = 6$ prętów.
 Podobnie $Db = \frac{2}{6} IW$ czyli $Db = 12$ prętów.
 $FE = \frac{3}{6} IW$ czyli $FE = 18$ prętów.
 $HG = \frac{4}{6} IW$ czyli $HG = 24$ prętów.
 $MN = \frac{5}{6} IW$ czyli $NM = 30$ prętów.

Rzuciwszy tedy ciało z punktu A kierunkiem AI , przebiegłoby w pierwszemy sekundzie od siły rzutu linią AB , a od ciężkości pręt 1 , to jest Ax ; więc przebieży przekątną AL i będzie wyniesione od ziemi na linią LC , która znaczy prętów 5 . bo $BC = 6$ prętów, a zaś $BL = 1$ pręt. W drugiem sekundzie od siły rzutu przebiegłoby Ld . a od ciężkości dn , więc przebieży przekątną Ln , i jest wysoko od ziemi na linią nD czyli prętów 8 : bo $Db = 12$ prętów a w dwóch sekundach spada do ziemi na 4 pręty to jest przebiega linią bn , więc $nD = 8$ prętów. Podobnie w trzecim sekundzie przebieży nO , w czwartej OP , w piątej PQ , w szóstym QW .

Stąd widzimy, że linia

$LC = 5$ prętów

$nD = 8$ prętów

$OF = 9$ prętów

$PH = 8$ prętów

$QN = 5$ prętów.

Ciało znajdując się na punkcie L , jest na wysokości LC czyli 5 prętów. Na punkcie n jest na wysokości nD czyli 8 prętów na punkcie O jest na wysokości OF czyli 9 prętów: to jest w pierwszemy sekundzie podnosi się na 5 prętów: w drugiem ponieważ jest wysoko na 8 prętów więc się podniosło na trzy pręty. W trzecim sekundzie jest wysoko na 9 prętów więc się tylko na 1 pręt podniosło. Czyli w pierwszemy sekundzie podniosło się na 5 prętów w drugiem na 3 pręty

w trzeciej na 1 przęt. Więc z punktu A do O ma bieg opóźniony.

Już zaś na punkcie O jest na wysokości OF czyli 9 przętów a na punkcie P jest na wysokości PH = 8 przętów. Na punkcie Q jest na wysokości QN = 5 przętów; to jest, w czwartej sekundzie opadło ku ziemi na 1 przęt, w piątej na 3 przęty, w szóstej na 5 przętów. A zatem z punktu O do W ma ciało bieg przyspieszony.

Widzimy zatem iż ciało iedną połowę swęj drogi przebywa biegiem opóźnionym a drugą połowę biegiem przyspieszonym. Widzimy także iż tylko podnosi się do czwartej części wysokości IW; bo najwyżey jest na punkcie O. Zaś OF = 9 przętów które jest czwartą częścią IW.

Porobiliśmy tylko zakrzywienia w punktach L, n, O, P, Q, ale ciało ciągle ciężąc, podlega w każdym nieskończenie małym momencie czasu sile rzutu i ciężkości, dla tego przebieży linią krzywą AOW, która się zowie *Parabola*.

Kule z armat, albo z innej strzelby ukośnie rzucone, przebiegają parabolę: te wiadomości należą do Inżynieryi.

246. *Kiedy ciało przebiega koło?* Kamyk uwiązany na sznurku obracając około ręki, widzimy że przebiega koło. W tym biegu podlega kamyk dwóm siłom: iedney którą usiłuje oddalić się od punktu, w którym trzymam za sznurek czyli od środka i opisać styczną do koła, i ta siła zwać się może odpychająca czyli *odśrodkowa* (*vis centrifuga*) drugiey którą ręka usiłuje go utrzymywać w iednakowey odległości od punktu w którym trzyma za sznurek czyli od środka; i ta zwać się może siła przyciągająca czyli *dośrodkowa* (*vis centripeta*). Im prędzsy jest bieg kamyka; tém mocnięy on usiłuje oddalić się od środka, a tém samém mocnięy za sznurek trzymać potrzeba.

W powozie prędko bieżącym po drodze błotnistey, widzimy jak od kół odskakuie czepiające się błoto dookoła.

§ 24. *O biegu z odbicia się ciał pochodzącym.*

247. Bieg z odbicia się ciał pochodzący zdarza się w ten czas, kiedy ciało bieżące spotyka na swęy drodze ciało spoczywające, o które uderza: albo gdy obadwa ciała bieżące mają kierunki swego biegu wprost sobie przeciwny: albo, nakoniec, gdy ciało bieżące napotyka w swęy drodze na inne ciało bieżące, ale z mnieyszą prędkością.

Trzy te przypadki biegu odbitego zdarzać się mogą w ciałach miękkich, twardych i sprężystych.

Ciała miękkie ściskaia się przez uderzenie, i zostaią przy téy figurze jaką od uderzenia wzięły. W ciałach twardych uderzenie nie powinno sprawić żadnego ściśnienia. Ciała sprężyste odmieniaia swą figurę od uderzenia, lecz potem znowu się wracaią do dawnęy swęy figury.

Aby dokładnie wytłumaczyć prawidła biegu z odbicia się ciał pochodzącego, trzebaby wystawić 1° iż ciała są albo zupełnie miękkie, albo twarde, albo sprężyste. 2°. Ze te ciała w swoim biegu żadnego oporu nie doznaią ani od powietrza, ani od tarcia się o powierzchnie ciał po których się toczą. Ze jednak nie znamy takich ciał któreby zupełnie odpowiedzieć mogły tym dwom warunkom; a zatém tłumaczenie prawideł tego biegu nie może bydź zupełnie dokładne.

Przestaiemy więc na niektórych uwagach ogólnych. W czasie uderzenia, udziela iedno ciało drugiemu część swoięy siły: to udzielanie siły

zależy od rozmaitych okoliczności, iako to: od kierunku ciała bieżącego, od jego kształtu, masy, prędkości, skupienia, sprężystości i t. p.

Uderzenie zowie się *środkowe*, jeśli kierunek bieżącego ciała idąc przez jego środek, przechodzi oraz przez środek drugiego ciała spoczywającego lub bieżącego. Gdy uderzają się ciała niesprężyste, wtedy po uderzeniu będą miały jednakową prędkość.

Jeśli bieżące ciało uderza na spoczywające, prędkość ich po uderzeniu zależy będzie od mass. Im mniejsza jest massa ciała uderzonego, tém mniejszy trzeba siły na udzielenie iemu biegu. Więc jeśli massa ciała uderzonego jest większa od massy ciała uderzającego; na tenczas po uderzeniu żadnego biegu nie będzie. Do tego służyć może za przykład młot bijący w ścianę muru, lub spadający kamień na ziemię.

Skupienie ciał odmienia skutki uderzenia. Im twardsze jest ciało, tém prędzszy jest i widoczniejszy skutek uderzenia.

Sprężystość osobliwie ma wielki wpływ na skutki uderzenia. W tym razie uderzające ciało dwa razy tyle traci siły, a uderzone dwa razy tyle zyskuje, ileby miały gdyby nie były sprężystymi.

Jeśli uderzenie nie jest *środkowe* ale mimo środka, natenczas ciało nabywa biegu *wirowego*.

Można okazać wymienione podania doświadczeniami, zawieszając na nitkach kulki z różnych ciał zrobione, i uważając jakie łuki przebiegaia po uderzeniu.

Jeśli ciało twarde lub sprężyste uderza o płaszczyznę stałą z ukosa, odbija się od nię w ten sposób, że kąt zawarty między kierunkiem ciała spadającego i płaszczyzną, równy jest kąto-

wi zawartemu między kierunkiem ciała odbitego i tą samą płaszczyzną.

§ 25. *Bezwładność ciał (inertia).*

248. Doświadczenia okazują że ciała nieorganiczne nie mogą same przez się nakłonić się do biegu, albo bieżące zostać w spoczynku. Zwierzęta tylko mogą odbywać ruchy dobrowolne póki żyją, lecz po zgonie, ciała ich martwe przechodzą do stanu ciał nieorganicznych. Własność ta ciał nazywa się *bezwładność (inertia)*.

Dla tej to własności opiera się ciało wszelkiéy zmianie która w niem zachodzić może. I tak 1. jeśli w kulkę spoczywającą, uderzy iaka inna kulka bieżąca, tedy po uderzeniu mniejszą prędkością biec będzie. 2. W Kulkę wolno toczącą się gdy druga prędzéy bieżąca uderzy, także iéy prędkość będzie zmniejszona.

249. Następujące są prawidła wynikające z bezwładności ciał. 1. Ciało nie ma w sobie żadnéy siły, któraby się ze spoczynku, poruszyło do biegu, albo dla któreyby się w biegu zatrzymało. Tak np. gałka na ziemi położona zawszeby na niéy zostawała gdyby iéy kto nie poruszył: popchnięta zaś zawszeby się toczyła gdyby iéy nie zatrzymywał opór powietrza i powierzchni ziemi.

2. Opór jest proporecyonalny sile poruszającéy. Tak np. człowiek na iednéy łódce będący, gdy druga do siebie przyciąga, tém samém przybliża się do niéy z tą łódką na której się znajduje, a to tém prędzéy, im z większą mocą przyciąga ją ku sobie.

3. Opór jest w przeciwną stronę siły poruszającéy. I tak naczynie pełne wody nagle szarpnawszy, woda rozleje się w przeciwną stronę: albo naczynie z wodą prędko ciągnione zastano-

wiwszy nagle, woda podobnież rozleie się w przeciwną stronę. W pierwszey okoliczności, po szarpnięciu naczynia, woda dla swęj bezwładności usiłuje zostać w miejscu swego spoczynku: w drugiey zaś usiłuje zostać w ruchu, przeto rozlewać się musi. Stąd także pochodzi, iż gdy konie nagle ruszą powóz z miejsca, osoba w nim siedząca w tył się nachyla, przeciwnie, na twarz się nachyla gdy w biegu konie nagle staną; to samo przystosować można do osoby płynącej na statku który odpływa od lądu lub do niego przybija.

Powietrze uważane względem bieżącego ciała nazywa się jego środkiem: podobnież woda i wszelkie ciecze w których ciała odprawiają swoje biegi zowią się bieżących ciał środkami. Opór zależący od środka w którym ciało bieży w rozmaitych względach uważać potrzeba.

1. Opór środka zależy od powierzchni zewnętrzney ciała bieżącego: bo im większą powierzchnią uderza ciało na jaki płyn w którym bieży, tém większą ilość cząstek tego płynu wypycha, a przez to tém więcéy oporu doznaje. I tak robiący wiosłem na czólnie, większy opór czuje od wody kiedy wiosło płasko trzyma, aniżeli kiedy krawędzią. Statek z rozwiniętym żaglem dla tego płynie pod wodę, iż większą powierzchnią wystawia na pęd wiatru. Strzała dla tego szybko leci, iż, mając ostry koniec, mniejszego oporu od powietrza doznaje.

2. Im gęstszy jest środek, tém bardziéy opiera się ciało bieżącemu: tak np. ciało bieżące w wodzie, pierwéy ustanie, aniżeli bieżące w powietrzu, chociaż obadwa mają jednakową prędkość.

3. Opór środka jest proporcjonalny kwadratowi z prędkości. Bo im większą ma prędkość

kość ciało, tém większą drogę przebiega (218), a tém samém większą ilość płynu wypycha w którym bieży: pod tym względem opór jest proporcjonalny do prędkości bieżącego ciała. Lecz im większą ma prędkość ciało, tém większą ma siłę, (224) a zatem większą siłą uderza o cząstki płynu, w którym swój bieg odprawuie: więc i w tym względzie opór jest proporcjonalny do prędkości bieżącego ciała. A że ciało bieżące w jakimś środku trzeba zawsze uważać w tych dwu względach, to jest iaką drogę przebiega i iaką siłą bieży; a zatem opór jest proporcjonalny kwadratowi z prędkości.

Dla tego np. czółno tém prędzey płynie im częściej robi wiosłem człowiek na nim siedzący: bo opór jest w przeciwną stronę siły, a zatem im większa jest prędkość wiosła, tém większy ma opór od wody, więc tém większą prędkością odpływa czółno. Stąd wniesć potrzeba, iż w ten czas jest znaczny opór środka, kiedy ciało bieży albo wielką prędkością, albo téż ma wielką powierzchnią. I tak owe ptaki które długo latają, iako to iaskółki i niektóre wodne ptaki i drapieżne, mają wielkie skrzydła w proporcyi swego ciała, przeto większą ilość powietrza niemi zajmując, doznają większego oporu od powietrza i w niem się utrzymują, dla tego bez zmordowania się długo latać mogą, bo nie robią ustawicznie skrzydłami. Przeciwnie te ptaki które krótko i nie często latają, opatrzone są skrzydłami bardzo małemi w proporcya swego ciała: dla tego, aby leciały, prędko niemi robić muszą, przez co wkrótce się morduia.

4. Kiedy sam środek jest w ruchu, na ten czas jego opór jest większy lub mniejszy podług kierunku siły która go porusza. Większy będzie opór, jeśli kierunek biegu środka jest przeciwny

ciwny kierunkowi bieżącego ciała: mniejszy zaś, jeśli środka i bieżącego ciała jednakowy jest kierunek. Człowiek idący przeciwko wiatru, ryba przeciw wodzie płynąca, dwoiaki opór przezwyciężać muszą: *naprzód* bezwładność środka którą przemodz mają: *powtórę* bieg środka którego kierunek jest przeciwny. Jeżeli płyn środek składający i ciało bieżące jednakowym biegną kierunkiem i jednakową prędkością; na ten czas ciało bieżące nie doznaie żadnego oporu. Jeżeli zaś środek i ciało bieżące nie mają jednakowey prędkości; na ten czas to które prędzey bieży; udziela swęy prędkości temu, które ma bieg wolniejszy.

R O Z D Z I A Ł VIII.

O *Machinach*.

§ 26. O *Machinach prostych*.

250. **W**szelkie narzędzie sprawujące ulżenie siły, albo skracające 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 linia prosta AB (Oddział II. Tablica I. Figura 7) ięý środek S. naznaczmy na téy linii punkta iednakowo odległe od ięý środka np. A i B, C i D. Jeżeli ta linia obracając się koło swego środ-