

pewney wielkości, kształtu i położenia, tudzież w szczególnym połączone szyku, nazwaliśmy pierwiastkami budowlu (24). W tey więc części, pozostaie nam ieszcze uważać: naprzód, własności brył wątku budowlanego, zależące iedynie od wielkości, kształtu i względnego ich do siebie położenia, to iest: ich własności *matematyczne*; powtórre, poznać tych brył sposoby łączenia, czyli ich związki pierwotne, w których daie się tylko wzgląd na pierwsze i drugie własności, a zgoła nie uważa się ieszcze ostatecznego roboty przeznaczenia.

R O Z D Z I A Ł V.

PRAWA MOCY SPOIENIA, CZYLI OPORU, BRYŁ KRUCHYCH, GIĘTKICH I SPRĘŻYSTYCH.

98. Kiedy siła, dążąca do rozerwania bryły, działa równolegle do iey włókien zbiorowych, opór, który w tym przypadku bryła stawia sile, mocą spoienia własnych części, zowiemy *oporem bezwzględnym* (*résistance absolue*); i wzór do liczenia tego oporu, wstanie równowagi, iest (*):

$$Q = r \int z dx + C;$$

gdzie Q znaczy siłę, r opór każdego pojedynczego włókna, dany z doświadczenia na iednostce powierzchni, naprzykład linii kwadratowey (71), (86) i (97); x i z wespół uszykowane *podstawy przetłamania* (*base de fracture*); tak

(*) GIRARD. *Traité analytique de la résistance des solides etc.* pag. 2.

nazywamy poprzeczną płaszczyznę, podług której dzieie się przełamanie.

Z powyższego wzoru dostrzegamy, że *opór bezwzględny jest w stosunku powierzchni podstawy przełamania, mnożoney przez opór takiż włókien na iedności powierzchni przez doświadczenie oznaczony.*

A tak, oznaczenie oporu bezwzględnego zawsze zależeć będzie od *kwadrowania* powierzchni płazkiej.

Nadto, w kaźdey bryle iednorodney to miejsce jest najsłabsze, w którém przecięcie iey przez płaszczyznę prostopadłą, do kierunku siły rozrywaiącey, będzie najmocniejszy.

Także, we dwóch bryłach iednorodnych bezwzględne opory są tak, iak przecięcia ich najmniejsze, prostopadłe do kierunku sił rozrywaiących.

Azatém, bezwzględne opory dwóch graniastosłupów iednorodnych, są w stosunku powierzchni ich przecięć, prostopadłych do kierunku sił rozrywaiących.

Chociaż opór bezwzględny nie zależy od długości bryły, atoli, gdy ta jest znakomitą, własny naówczas bryły ciężar, przyczynia siły rozrywaiącey.

W bryłach więc iednorodnych, a mianowicie graniastosłupach, podstawa przełamania, przypada w górze w miejscu utwierdzenia, lub uięcia bryły.

Prawo oporu
względnego.

99. Kiedy siła działa prostopadłe do kierunku zbiorowych włókien bryły, opór, iaki w tym przypadku położenia, bryła stawia sile dążącey ku iey rozerwaniu, nazywamy *oporem względnym* (*résistance relative*); i do oblicze-

nia w stanie równowagi takiego oporu w ciałach *doskonale kruchych*, jest nayogólniejszy wzór następujący (*):

$$Pf = \int dx \left(\frac{rz^2}{2} + A \right) + B.$$

Jeżeli bryła wzięta pod uwagę jest ciałem iednorodném, i kiedy iey włókna na podstawie przełamania bez przerwy idą od iey obwodu aż do osi równowagi; wówczas $A=0$, $z=y$, to iest: przystawie obwodu, a wtedy wzór:

$$Pf = \int dx \frac{ry^2}{2} + B \dots (1)$$

daie ogólne wyrażenie oporu względnego bryły iednorodney, którey włókna są zupełnie nieciągte albo raczey, które powstaią z ziarn sobą poskleianych.

Jeżeli naostatek przypuścimy, że ieden iest wspólny początek współuszykowanych i tych, co są do włókien opór czyniących, i tych, co są do iey obwodu; wówczas wzór poprzedzaiący straci ilość B , i będzie:

$$Pf = \frac{r}{2} \int y^2 dx.$$

W tym wzorze P znaczy siłę równoważącą się z oporem; f iey ramie, czyli odległość podstawy przełamania od miejsca, do którego siła iest zastosowaną; x, y , współuszykowane obwodu podstawy.

Podobny i w podobnych przypadkach do liczenia oporu

(*) GIRARD. liczba 5.

względny w ciałach *doskonale sprężystych* i ciągłych mamy wzór następujący:

$$Pf = \frac{a}{3r} \int y^3 dx \dots (2).$$

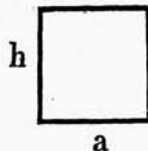
Gdzie a znaczy ciężar zdolny przedłużyć wiązkę włókien sprężystych, mającą w przecięciu poprzecznym jednostkę powierzchni, ilością równą pierwiastkowej ich długości (*); r , promień krzywizny włókien nieodmiennej długości.

Reszta liter ma takie, iak w poprzedzającym wzorze znaczenie; prócz że tu oś odcinków x , przez środek podstawy i włókien nieodmieniających długości uważa się być poprowadzoną.

Stosowanie
wzoru (1) do
brył kruchych
danej podsta-
wy przełama-
nia.

100. Stosując wzór pierwszy czyli na ciała kruche, iak są kamienie, do podstawy przełamania *naprzód* prostokątnej, będzie:

$$Pf = \frac{rah^2}{2};$$



P ciężar lub siła; f długość bryły, do której końca ciężar jest przyłożony; h wysokość, a szerokość, prostokątnej podstawy przełamania.

(*) Ilość stała a , zależąca od sprężystości uważanego ciała, jest na przykład w żelazie równa 20,000 około, to jest: warta temu w słowach wyrażeniu: pręt żelaza klepanego, mający metr jeden długości, za jeden koniec ujęty i zawieszony pionowo, przedłuża się dzielącą częścią milimetra, kiedy drugi koniec jego jest ciągniony ciężarem dwóch kilogramów na każdy milimetr kwadratowy poprzecznego przecięcia. DULKAU. *Essai sur la résistance du fer forgé*... p. 54.

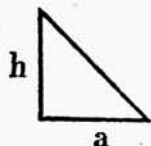
Biorąc inny graniastostup o podstawie prostokątnej, będzie też $P'f' = \frac{ra'h'^2}{2}$; a stąd:

$$P:P' = \frac{ah^2}{f} : \frac{a'h'^2}{f'};$$

to jest: *opory względne są do siebie w stosunku prostym mnogości z kwadratu wysokości podstawy przetamania, przez szerokość teyże podstawy, a w odwrotnym długości brył, czyli raczej, długości ramion, do których siły są przystosowane.*

Powtóre. Stosując do trójkątnej podstawy będzie:

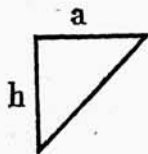
$$Pf = \frac{rah^2}{6};$$



gdzie wszystkie ilości też same tu są, co wyżej. Z tego wypadku wnosimy: iż *kiedy graniastostup trójkątny będzie połową graniastostupa prostokątnego, tychże, co pierwszy wymiarów, tedy opór względny trójkątnej podstawy iego przetamania jest trzecią częścią prostokątnej podstawy przetamania; przypuszczając, że w obu razach do końca długości f , graniastostupów, przyłożony był ciężar iednaki P .*

Potrzenie. Stosując do podstawy trójkątnej w odwrotném położeniu będzie:

$$Pf = \frac{2rah^2}{6};$$



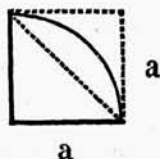
gdzie: skoro wszystkie ilości też same są, co pierwiey, *opór będzie podwójny oporu względnego teyże samey troykątney podstawy przetamania, lecz łamiącej się w odwrótném położeniu.*

Z tego wszystkiego ieszcze taki wypada wniosek:

Podstawy przetamania podobne, podobnych graniastostupów, mają opór względny, w takim do siebie stosunku, iak potęgi trzecie z boków ich sobie odpowiadających.

Poczwarte. Kiedy podstawą przetamania będzie ćwierć koła, tedy opór iey wyrazi się:

$$Pf = \frac{r}{2} \left(\frac{2a^3}{3} \right);$$



gdzie a znaczy promień koła.

Skąd widzimy: że ten opór jest dwiema trzeciami częściami oporu kwadratu wykreślonego na tymże, a , promienia koła; lecz, że też opór trójkąta w odwrótném położeniu, będącego połową tego kwadratu, jest także dwiema trzeciami częściami kwadratu; przeto opór względny tego trójkąta i czwiarthki koła są sobie równe.

Popiąte. Kiedy podstawą iest koło, czyli bryła iest walcem, wówczas będzie:

$$Pf = \frac{r}{2} (8a^3) (0,785398);$$



gdzie a , jest promieniem koła, iak wyżej.

Porównywaiąc ten opór z oporem kwadratu, na témże kole opisanego, naydziemy, iż są do siebie, iak 0,785398:1; albo iak 7:10 blisko.

Poszoste. Opór półkołowej podstawy będzie:

$$Pf = \frac{r}{2} 2 a^5 (0,904129);$$



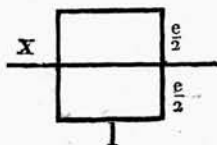
gdzie wszystkie ilości toż samo, co wyżej, mają znaczenie.

Uczymy się stąd, iż *opór połowy koła na styczney, do średnicy równoległej, położonego; o niewiele jest $\frac{9}{10}$ częściami oporu prostokąta, na nim opisanego.*

101. Stosuiąc wzór drugi, czyli służący do rachowania oporu względnego brył sprężystych, iak drzewo i żelazo, *naprzód* do podstawy przełamania prostokątnej, będzie:

Stosowanie wzoru (2) do brył giętkich i sprężystych danej podstawy przełamania.

$$Pf = \frac{2a}{3r} \int y^5 dx = \frac{2a}{3r} \cdot \frac{1}{8} e^5 l;$$



Gdzie e znaczy wysokość całą, l zaś szerokość prostokąta. Oś odcinków x , uważa się tu przez środek prostokąta prowadzoną.

Powtóre. Stosuiąc do bryły, złożoney z dwóch sztuk prostokątnych, w pewney od siebie odległości będących, a razem tak doskonale związanych i połączonych, iż iedna od drugiej, ani się oddalić, ani też iedna do drugiej zbliżyć się może; w tym przypadku, potrzeba naprzód wziąć opór u-

kładu, iakoby był pełnym, potem od niego odjąć opór, wzięty dla części próżney, także iakoby pełney, a będzie:

$$Pf = \frac{2a}{3r} \cdot \frac{l}{8} (E^3 - e^3);$$



gdzie l znaczy szerokość wspólną, E wysokość całego układu, e zaś wysokość części próżney.

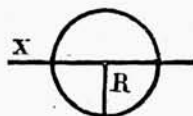
Stąd wypada, iż opór brył podobnego temu układu *jest proporcjonalnym różnicy trzecich potęg z wysokości całej i próżnego pomiędzy niemi miejsca.*

Potrzenie. Stosując do kołowej podstawy, czyli walca, mamy naprzód:

$$\int y^3 dx = \frac{3}{8} \pi R^4;$$

gdzie π jest połową okręgu koła, którego promień 1; R , promień koła, które jest podstawą walca, a następnie:

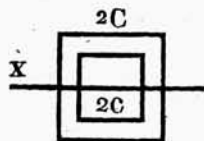
$$Pf = \frac{2a}{3r} \int y^3 dx = \frac{1a}{4r} \cdot \pi R^4.$$



Jeżeli teraz wyobrazimy sobie na walcu opisany graniastop kątowy, to opór jego będzie: $Pf = \frac{2a}{3r} \cdot 2R^4$, aże jest opór walca $\frac{1}{4} \frac{a}{r} \pi R^4$; stąd uczymy się, iż *opór walca do oporu graniastopu kwadratowego, na nim opisanego, jest iak $\frac{3}{8} \pi$, do 2, albo iak $6\pi : 32$, albo iak $\frac{3}{4}$ bryłowości walca, do całej bryłowości graniastopu.*

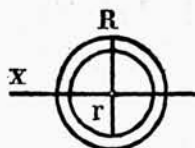
Poczwarte. Stosując do rur kwadratowych i okrągłych mamy:

$$1) Pf = \frac{2a}{3r} \cdot 2(C^4 - c^4);$$



Tu $2C$, $2c$, są bokami zewnętrznym i wewnętrznym przecięcia rury kwadratowej.

$$2) Pf = \frac{a}{4r} \pi (R^4 - r^4);$$

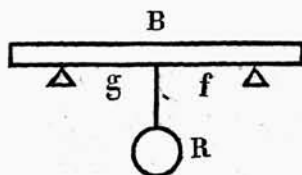


gdzie R i r są promieniami zewnętrznym i wewnętrznym rury okrągłej. *Opor więc względny rury kwadratowej, albo okrągłej, jest proporcjonalnym różnicy między czwartymi potęgami boków, albo zewnętrznymi i wewnętrznymi średnic ich podstawy.*

102. Kiedy bryła graniastosłupowa leży wolnymi końcami na podporach niewzruszonych, a do środka będzie przystosowana siła R , wówczas, w stanie równowagi momentów siły z oporem płaszczyzny przecięcia, będzie:

Opór względny bryły rozmaitości położonych.

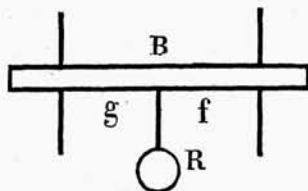
$$1) R = \left(\frac{g+f}{fg} \right) B;$$



gdzie f i g znaczą ramiona siły R , czyli odległości miejsc, w których bryła końcami jest oparta, od punktu, w którym siła do bryły jest przystosowana. B ogólnie znaczy opór płaszczyzny przecięcia, w miejscu zastosowania siły.

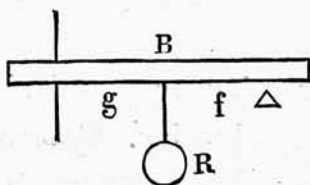
Kiedy bryła też sama, końcami w ścianach osadzoną będzie, natenczas iest:

$$2) R = 2 \left(\frac{g+f}{fg} \right) B.$$



Kiedy bryła iednym końcem w ścianie oprawiona, a drugim na podporze leży, będzie:

$$3) R = \left(\frac{g+2f}{fg} \right) B.$$



Z tych obu ostatnich wzorów to widzimy naprzód, że w mnogości, podstawy przełamania przez ramiona siły, każda ta podstawa, której ramie będzie oprawione w ścianie, dwa razy iest powtórzoną; a więc: *ciężar zdolny złamać graniastostup, niewzruszenie przytwierdzony do dwóch swoich podpór, iest podwójnym ciężaru potrzebnego do złamania teyże samey bryły, gdy ta iest wolnie końcami na tychże podporach położona*. Co się też zupełnie z doświadczeniem zgadza (87).

Kiedy bryła graniastostupowa, utkwiona końcami w ścianach, iest opartą na liczbie n , podpór w równej od siebie i ścian odległości, i między temi pośrzodku, obciążona równemi ciężarami, z których każdy iest $= P$; będzie wtedy summa ciężarów $S = P(n-1)$. biorąc drugą, zupeł-

nie równą pierwszej bryle, lecz opartą na m liczbie podpór, i między niemi obciążoną ciężarami równemi, z których każdy jest $= Q$; summa tych będzie: $S' = Q(m-1)$, a ostatecznie jest:

$$S : S' = (n-1)^2 : (m-1)^2;$$

to jest: *opory względnie dwóch brył sobie równych, sposobem wyżej opisanym podpartych, są między sobą, w stosunku prostym kwadratów z liczby podpór zmniejszonej iednością.*

103. Opory podstaw przełamania w graniastosłupach, sobie podobnych, mają się nawzajem, iak kwadraty z wymiarów sobie odpowiednich, to jest:

$$P : P' = h^2 : h'^2 = a^2 : a'^2 = f : f'^2.$$

Opór brył podobnych sobie i pod własnym łamiących się ciężarem.

Wiedząc zatym największy ciężar P , iaki bryła graniasta danych wymiarów a , h , f , wytrzymać może na końcu iey długości f przyłożony; wiedząc nadto ciężkość iey gatunkową; łatwo będzie można wynaleźć długość, którąby ta bryła mieć powinna, aby własny iey ciężar równoważył się z oporem iey podstawy przełamania: iakoż długość ta jest:

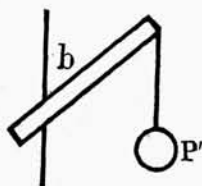
$$z = \sqrt{2fc}$$

gdzie z , znaczy szukaną długość bryły; f długość bryły, do której końca przyłożony ciężar równoważy się z oporem podstawy iey przełamania; c długość, iakąby bryła dana mieć powinna, aby tyle ważyła, ile ciężar P .

Opór bryły
gdy siła do
kierunku iey
włókien uko-
śnie działa.

104. Kiedy siła przerywająca, włókna działa pod pewnym kątem do ich kierunku; opór wówczas iest:

$$P' = \frac{P}{\text{wst}^2 b};$$



gdzie P' znaczy ciężar, potrzebny do rozerwania bryły, w ukośném iey położeniu; P , ciężar do przerwania w położeniu poziomém teyże samey bryły; b , kąt między pionem, a kierunkiem ukośnie położoney bryły.

Skąd oczywiście wnosimy: że ciężar, zdolny tak położoną bryłę przerwać, tym większy być musi, im wstawa kąta ukośności będzie mnieyszą; tak dalece, iż ciężar ten wypada nieskończenie wielki, gdy bryła opierająca się ciężarowi ma położenie pionowe. Lecz, że nie znamy ciała, którego by wszystkie włókna zbiorowe doskonale iednorodne i ściśle od siebie równoległe były; dla tego też w doświadczeniu wszystkie z początku stłaczają się, a naostatek łamią się pod ciężarem skończoney wielkości, uciskającym włókna z góry i równoległe do ich długości. Idzie zatém, że poprzedzającego wzoru użyć nie możemy do obliczenia oporu w tym to przypadku, w którym iuż opór nie iest rzeczywiście *względny*; trzeba więc uciec się do inney zasady, dla oznaczenia praw tego rodzaju oporu, którego rozmaite budownicze roboty liczne nastroczają przykłady.

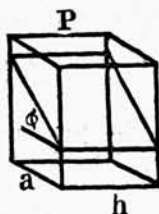
Prawo oporu
brył z góry u-
ciśnionych.

105. Nazwaliśmy *oporem bezwzględnym*, opór, w tym przypadku, kiedy siła, równoległe do włókien działając, na

rozerwanie bryły dąży; nazwiemy *bezwzględny odjemny* albo *wsteczny*, opór, iaki ciało stawia sile, także równolegle działającej do kierunku iego włókien, lecz wprost przeciwnie, to iest: do stłoczenia i zbliżenia ku sobie iego cząstek.

Ieżeli bryła graniastostupowa ciała kruchego, iak kamień, będzie tak krótka, iż pod naciskającym ją ciężarem, raczej się pęka, niżeli ugina; wówczas, albo się od razu na proch rozsypie, albo w igły lub płatki rozszczepi, albo nakoniec w ostrosłupy przed rozsypaniem się podzieli (36). W tym ostatnim przypadku, kiedy podług płaszczyzny ukośney następuje złamanie; wyrażenie siły skruszyć bryłę zdolney, będzie:

$$P = \frac{rah}{\text{wst. } \varphi. \text{ dost. } \varphi.};$$



gdzie a , h , znaczą oba wymiary podstawy, na której bryła pionowo stoi; r , iak zawsze, opór bezwzględny na iednostce powierzchni, a rah , takiż opór całej podstawy przełamania; φ , kąt pochylenia do poziomemu płaszczyzny, podług której bryła się kruszy.

Ponieważ siła ciężkości zawsze *maximum* skutku sprawić usiłuje, ze wszystkich więc wartości kąta φ , iakie mieć może, na taką wartość iego kruszenie bryły następuje, która czyni P , największym. Szukając *maximum* naydziermy, ze zrównania powyższego, $\varphi = 45^\circ$; tak tedy będzie:

$$P = 2rah;$$

to jest: ciężar, czyli siła potrzebna do skruszenia takiej bryły iaką jest wyżej opisana, działając z góry, podług płazczyzny ukośney, jest *dwa razy większą od oporu bezwzględnego tejże bryły*.

Ieżeli bryła pod ciężarem prędzey się gnie, niż kruszy, wówczas granicą iey oporu bezwzględnego odjemnego, czyli wstecznego, nie jest to iuż ciężar, zdolny ią skruszyć, ale ten raczey, pod którym ugiąć się poczyną: albowiem od chwili, w której najmnieysze ugięcie się okaże, opór iey staie się względnym, i podług poprzedzających wzorów (99) obliczanym bydz może.

Cała więc rzecz w tym razie przywodzi się do nalezie-
nia ciężaru, który, uciskając bryłę danych wymiarów, równolegle do długości, zdolny jest ią nagiąć.

Wyrażenie tego ciężaru jest:

$$P = \frac{\pi^2 A}{4L^3} \dots (5);$$

gdzie P znaczy ciężar, pod którym bryła, z góry obciążona, giąć się zaczyna; π pół okręgu koła, którego promień 1, $A = \frac{2a}{3} \int y^3 dx$, jest integralną podstawy przegięcia; L , długość bryły; a , giętkość czyli sprężystość bezwzględna, dana z doświadczenia (89).

Stąd wypada, że mając rząd słupów o równych podstawach i iednakiey giętkości, czyli sprężystości bezwzględney, będą *ciężary, które one znieść mogą przed zgięciem się, w stosunku odwrotnym kwadratów z długości każdego*.

Podobnież w bryłach sprężystych, poziomie leżących i pośrodku obciążonych, nie idzie nam nayeźciey o ciężar, rozzerwać ie zdolny, czyli o wyraz oporu ich względneho, lecz raczey o stosunek strzały wygięcia z ciężarem, toż wygięcie sprawuiącym. Ten stosunek daie nam wzór następujący :

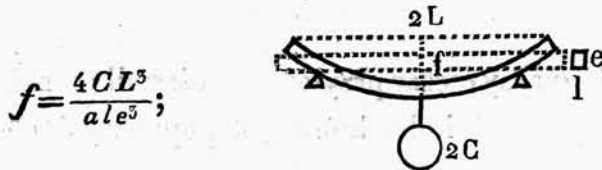
$$f = \frac{CL^3}{3A} \dots (4);$$

gdzie f znaczy długość strzały; $2C$ ciężar sprawuiący wygięcie; $2L$ długość bryły; A , integralna, iak wyżej, poprzecznego przecięcia bryły.

Stąd, w bryłach iednorodnych, iedney podstawy i iednako położonych, *strzały wygięcia są do siebie w stosunku prostym, złożonym z ciężarów i potęg trzecich długości.*

106. Stosuiąc te obadwa wzory (3) i (4) do brył znanej podstawy i długości, dosyć iest tylko oznaczyć właściwą na każdy przypadek wartość A , która wyraża siłę sprężystości, względną na materyał i formę bryły. Tak czyniąc otrzymamy: 1^{6d}) dla bryły, maiącej podstawę prostokątną, leżącey na dwóch podporach i obciążoney pośrodku:

Stosowanie
wzorów (3)
i (4) do brył
graniastych
i walcowych.



gdzie $2C$ znaczy ciężar przyłożony pośrodku; l długość czyli szerokość poprzecznego iey przecięcia, albo wymiar 18*

iey leżący poziomie; e , grubość czyli wymiar leżący pionowo; a , sprężystość bezwzględna.

Stąd następujące czytamy prawo: *strzała powiększa się lub maleje w stosunku prostym ciężaru, trzeciej potęgi z długości, a odwrotnym szerokości i trzeciej potęgi z grubości.*

Kiedy też sama bryła, obciążona ma bydź z góry, równolegle do długości, będzie:

$$P = (0,2056) a \frac{l e^3}{L^2}; \quad 2L \begin{array}{c} P \\ \square \\ l \end{array} e$$

gdzie wszystkie ilości są mianowanego znaczenia. A tak: ciężar, zdolny nagiąć graniastostup prostokątny, z góry go uciskając, iest w stosunku prostym szerokości i sześciannu grubości, a w odwrotnym kwadratu z długości.

2^{re}) Dla bryły mającej w poprzeczném przecięciu koło, leżące na dwóch podporach i obciążonej po środku, będzie:

$$f = \frac{4 C L^3}{3 \pi a R^4};$$


gdzie $2 C$ znaczy ciężar przyłożony pośrodku; $2 L$ długość bryły; R promień koła, które iest poprzecznym iey przecięciem; π , połowa okręgu, którego promień 1; a , ilość stała, zależąca od własności materyi, z której bryła iest utworzoną.

A tak, na ten przypadek, *strzała maleje, lub wzrasta, w stosunku prostym sześciemu z długości, a odwrotnym czwartej potęgi z promienia albo średnicy koła, które jest poprzecznym bryły przecięciem.*

Kiedy też sama bryła obciążoną ma być z góry, równolegle do długości, będzie:

$$P = \frac{\pi^3 a}{16} \cdot \frac{R^4}{L^2}; \quad 2L \left[\begin{array}{c} P \\ GR \end{array} \right]$$

wszystkie wchodzące tu ilości są mianowanego znaczenia.

Z tego wzoru czytamy następujące prawo: *ciężar, zdolny do nagięcia walca z góry go uciskając, jest w stosunku prostym czwartej potęgi ze średnicy, a w odwrotnym kwadratu z długości.*

107. Kiedy słup jest wciąż jednorodny, potrafimy zawsze wynaleźć największą wysokość, do jakiej go wzniesć można, aby się pod własnym począł giąć ciężarem, a to z następującego zrównania (*)

$$h = \sqrt{\frac{200 \cdot a}{b^2 \cdot d}};$$

gdzie h , znaczy wysokość szukaną; b , średnicę słupa kołowego; d , ciężkość gatunkową; $a = Ek^2$, sprężystość bezwzględna materii.

Stosując ten wzór do drzewa będzie:

Największa wysokość do której bryła bez nagięcia się pod własnym ciężarem wzniesioną być może.

(*) GIRARD. *Traité analytique etc.* liczba 129 i 525.

$$\begin{aligned}
 b &= 1 \text{ metr.} \\
 \left. \begin{aligned} d &= 1080 \text{ kilogr.} \\ Ek^2 &= 11784451 \end{aligned} \right\} & \text{dla dębiny} \\
 \left. \begin{aligned} d &= 486 \text{ kilogr.} \\ Ek^2 &= 8161128 \end{aligned} \right\} & \text{dla sosniny.}
 \end{aligned}$$

A stosując iedynie do bryły o wymiarach danych:

1^od) z drzewa dębowego:

$$h = \sqrt[3]{\frac{200(h+0.3)(11784451)}{(1.3)(1080)}};$$

zaniedbawszy 0,3, iako ilość nieskończenie małą w porównaniu z h , będzie:

$$h = \sqrt[3]{\frac{200 \cdot h(11784451)}{(1.3)(1080)}} = 1295^m.$$

2^{re}) dla drzewa sosnowego:

$$h = \sqrt[3]{\frac{200 h(8161128)}{486}} = 1832^m.$$

Z tego się pokazuje, że wysokość słupa dębowego, który pod własnym ugina się ciężarem, mniejszą jest od słupa sosnowego, chociaż sprężystość pierwszego drzewa, większą jest od sprężystości drugiego. Co stąd oczywiście pochodzi, że ciężkość gatunkowa tego ostatniego daleko jest mniejszą, od ciężkości tamtego.

Ze wszystkich tych wzorów i ich przystosowań to statecznie widzimy, że opór bezwzględny, względny, i bezwzględny wsteczny, którycheśmy wyrażen wzory przytaczali, zależą od wymiarów bryły, iey położenia względem siły, tudzież, zawsze od oporu i sprężystości bezwzględnych włó-

kien zbiorowych ciała, któreto, opór i sprężystość, przez doświadczenia oznaczone być muszą.

R O Z D Z I A Ł VI.

ZWIĄZKI PIERWOTNE WĄTKU BUDOWLANEGO.

108. Dotąd uważaliśmy w wątku budowli własności jego przyrodzone, i te, które każda jego pojedyncza bryła mieć może od różnej wielkości swojej, postaci, i względnego do siły na nią działającej położenia zawisłe; a to dla tego, abyśmy poznali śródki, za pomocą których będziemy mogli nadawać niekształtnym bryłom wątku postać właściwą i z tychże brył pojedynczych robić ich związki, zadosyć czyniące wszystkim warunkom mocy i stałości.

Odtąd już pojedyncze bryły wątku budowlanego, uważać będziemy w związku z sobą, iakby pod względem, prawdziwie *budowniczym*.

Postępując od prostszych do zawilszych rzeczy, opisujemy 1^{od} sposoby łączenia materiału kamiennego z kamiennym; 2^{re} drzewa z drzewem; 3^{cie} żelaza z żelazem; i na koniec sposoby łączenia kamieni i drzewa za pośrednictwem żelaza albo innego metallu.

109. Bryłę, zbudowaną z kamiennego wątku, nazywamy w powszechności *murem*; a podług tego, iak ten mur będzie złożony z kamieni ciosowych, z ułamków kamieni, lub kamieni polowych, z płyty i cegieł, połączonych za pomocą gipsu, lub innym więzem, nazywa się:

Rodzaje murów.