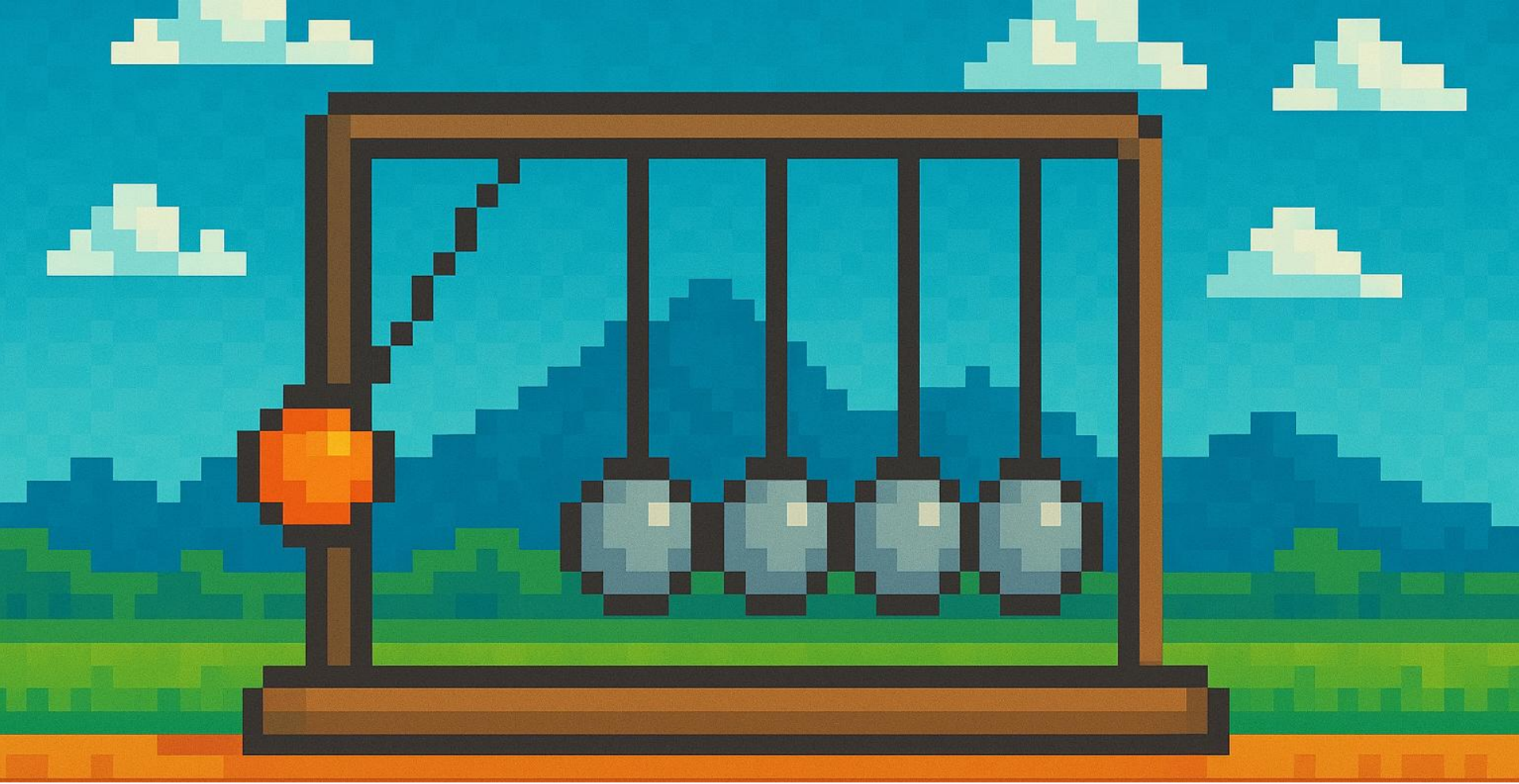




FIZYKA Z ELEMENTAMI FIZYKI RADIACYJNEJ I | WYKŁAD 3

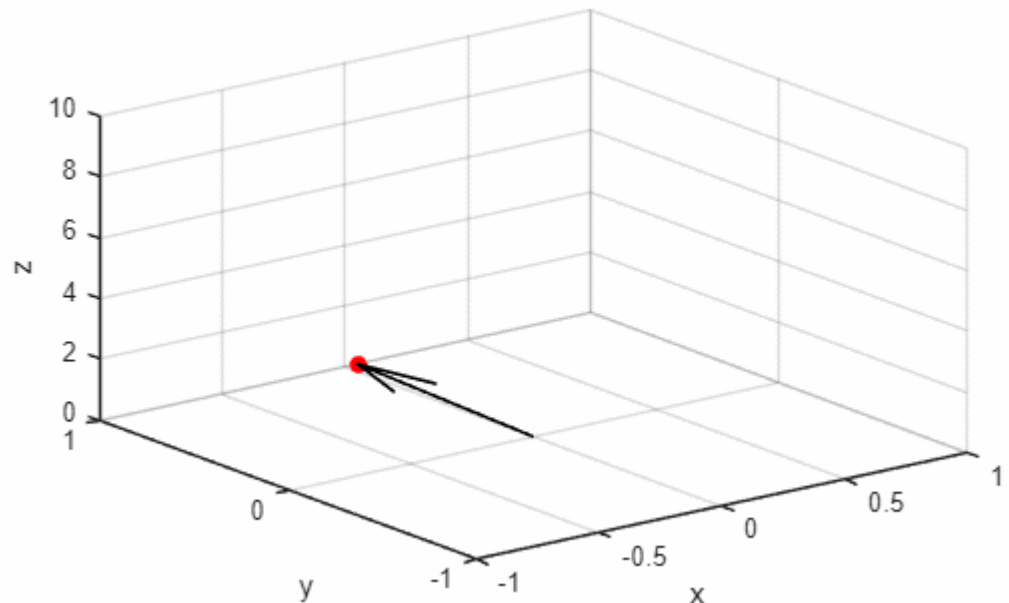
**Ruch w dwóch i trzech wymiarach,
względność ruchu,
zasady dynamiki**

dr inż. Katarzyna Gwóźdź

Położenie

Wektor wodzący danego punktu – pomiędzy początkiem układu współrzędnych a tym punktem

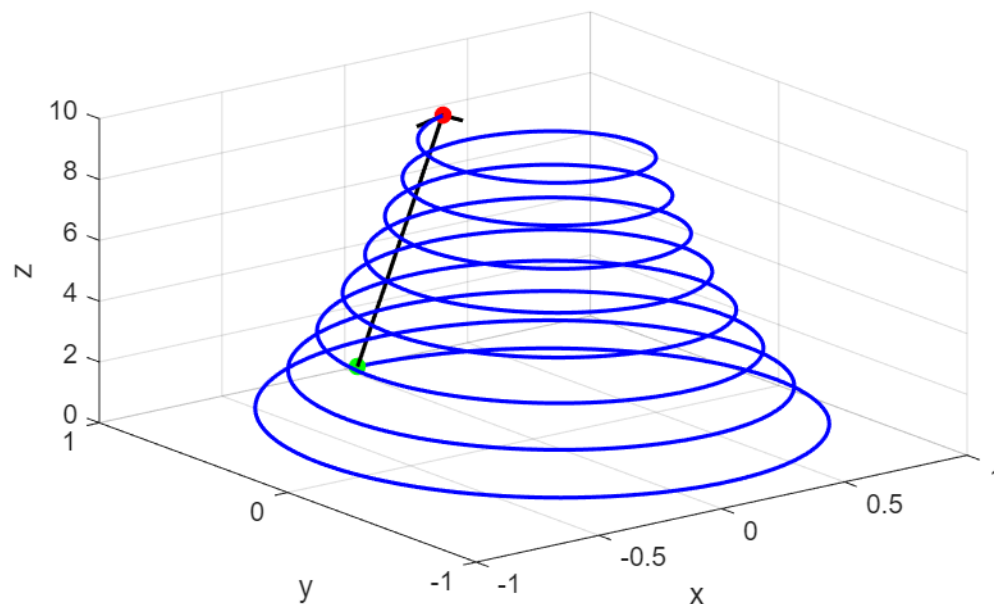
$$\vec{r} = (x, y, z) = x\hat{i} + y\hat{j} + z\hat{k}$$



Przemieszczenie

Określa zmianę położenia punktu między dwiema chwilami czasu

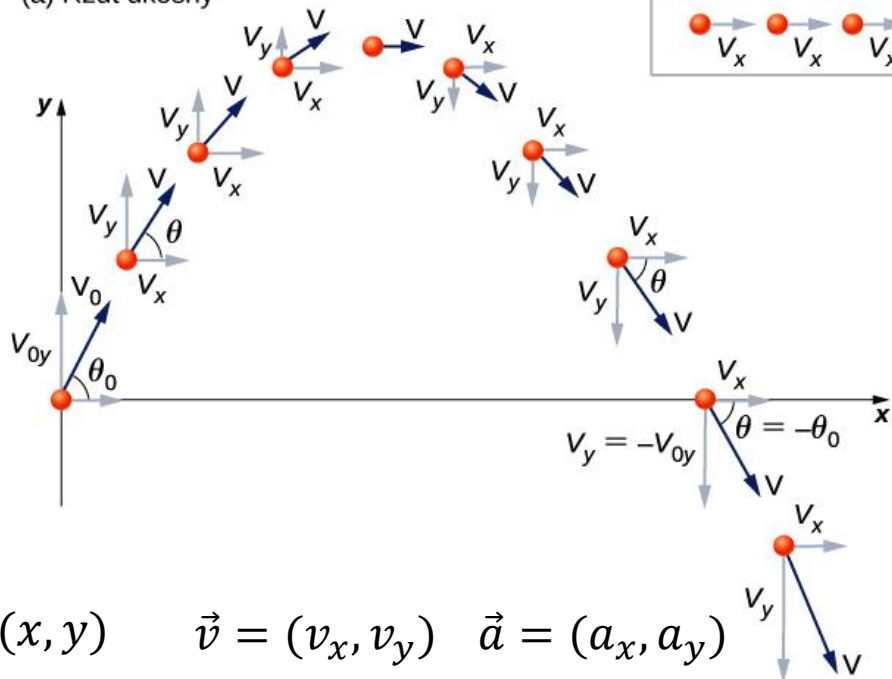
$$\overrightarrow{\Delta r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$



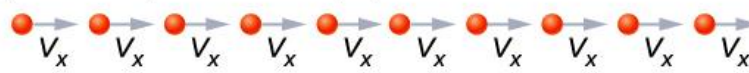
Rzut ukośny

Ruch w jednorodnym pola grawitacyjnym ciała, którego prędkość początkowa jest ukośna do kierunku pola.

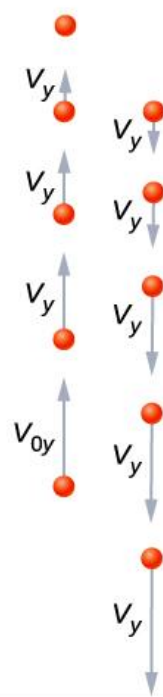
(a) Rzut ukośny



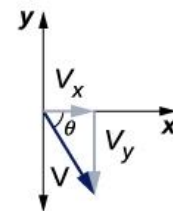
(b) Składowa pozioma: stała prędkość



(c) Składowa pionowa: stałe przyspieszenie



(d) Prędkość w punkcie



$$\vec{r} = (x, y) \quad \vec{v} = (v_x, v_y) \quad \vec{a} = (a_x, a_y)$$

$$\vec{r}_0 = (x_0, y_0)$$

$$v_{0x} = v_x = v_0 \cos \theta_0 \quad v_{0y} = v_0 \sin \theta_0$$

$$a_x = 0 \quad a_y = -g$$

Rzut ukośny

$$\vec{r} = (x, y) \quad \vec{v} = (v_x, v_y) \quad \vec{a} = (a_x, a_y)$$

$$\vec{r}_0 = (x_0, y_0)$$

$$v_{0x} = v_x = v_0 \cos \theta_0 \quad v_{0y} = v_0 \sin \theta_0$$

$$a_x = 0 \quad a_y = -g$$

$$v_x = v_0 \cos \theta_0 \quad v_y = -gt + v_0 \sin \theta_0$$

$$x = v_x t + x_0 = v_0 \cos \theta_0 t + x_0 \quad y = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \sin \theta_0 t + y_0$$

$$\vec{r} = (v_0 \cos \theta_0 t + x_0, -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \sin \theta_0 t + y_0)$$

$$\vec{v} = (v_0 \cos \theta_0, -gt + v_0 \sin \theta_0)$$

$$\vec{a} = (0, -g)$$

Rzut ukośny

$$\vec{r} = (v_0 \cos \theta_0 t + x_0, -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \sin \theta_0 t + y_0)$$

$$\vec{v} = (v_0 \cos \theta_0, -gt + v_0 \sin \theta_0)$$

$$\vec{a} = (0, -g)$$

Równanie toru $y(x)$ (tor cząstki):

$$y = (\operatorname{tg} \theta_0)x - \frac{gx^2}{2(v_0 \cos \theta_0)^2}$$

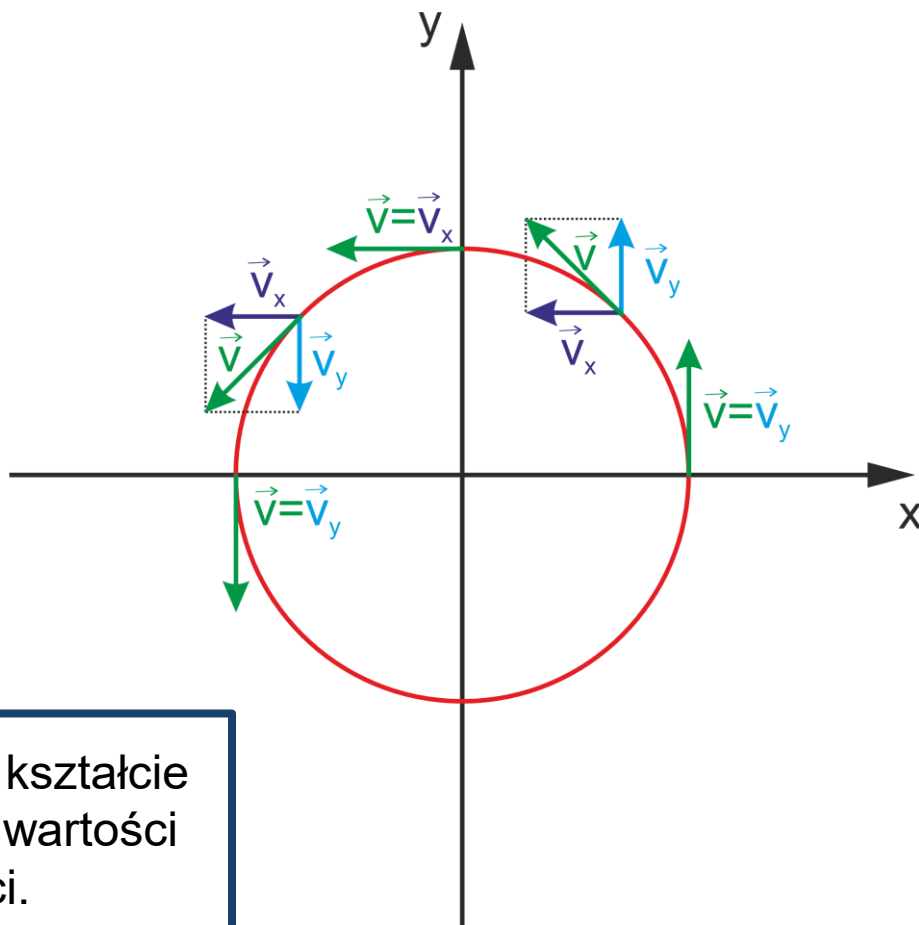
Czas lotu (szukamy t , gdy $y = y_0$):

$$T = \frac{2v_0 \sin \theta_0}{g}$$

Zasięg poziomy (szukamy x , gdy $y = y_0$):

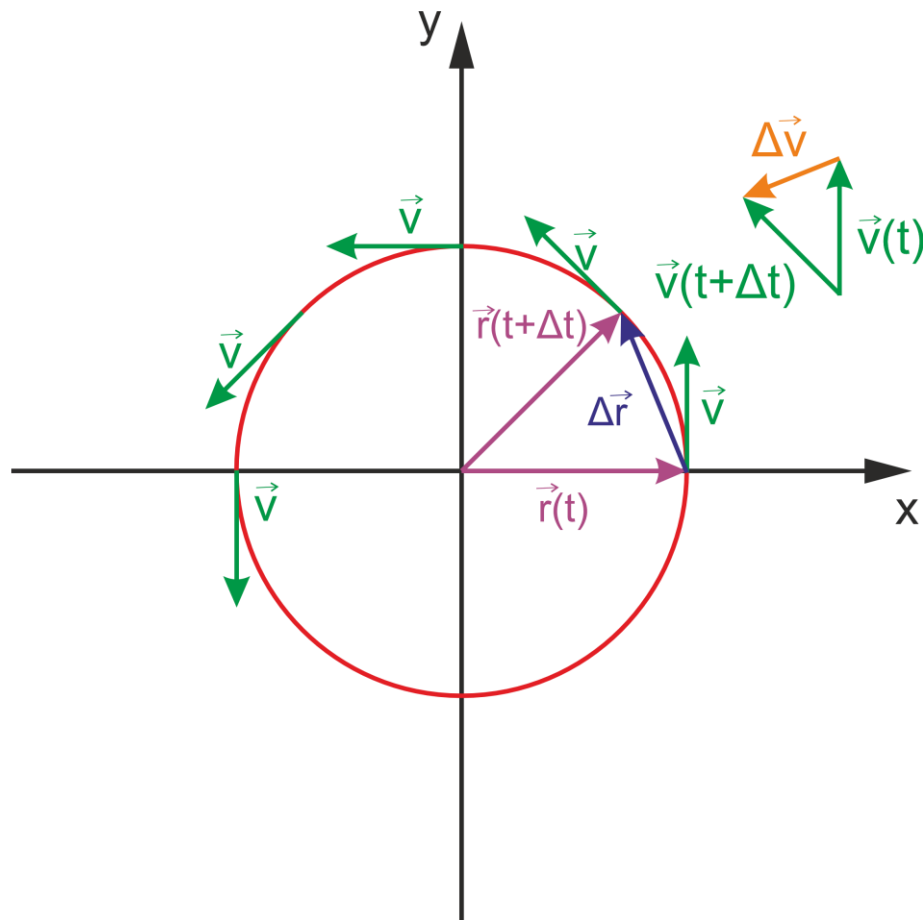
$$R = \frac{2v_0^2}{g} \sin \theta_0 \cos \theta_0 = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\theta_0$$

Ruch jednostajny po okręgu

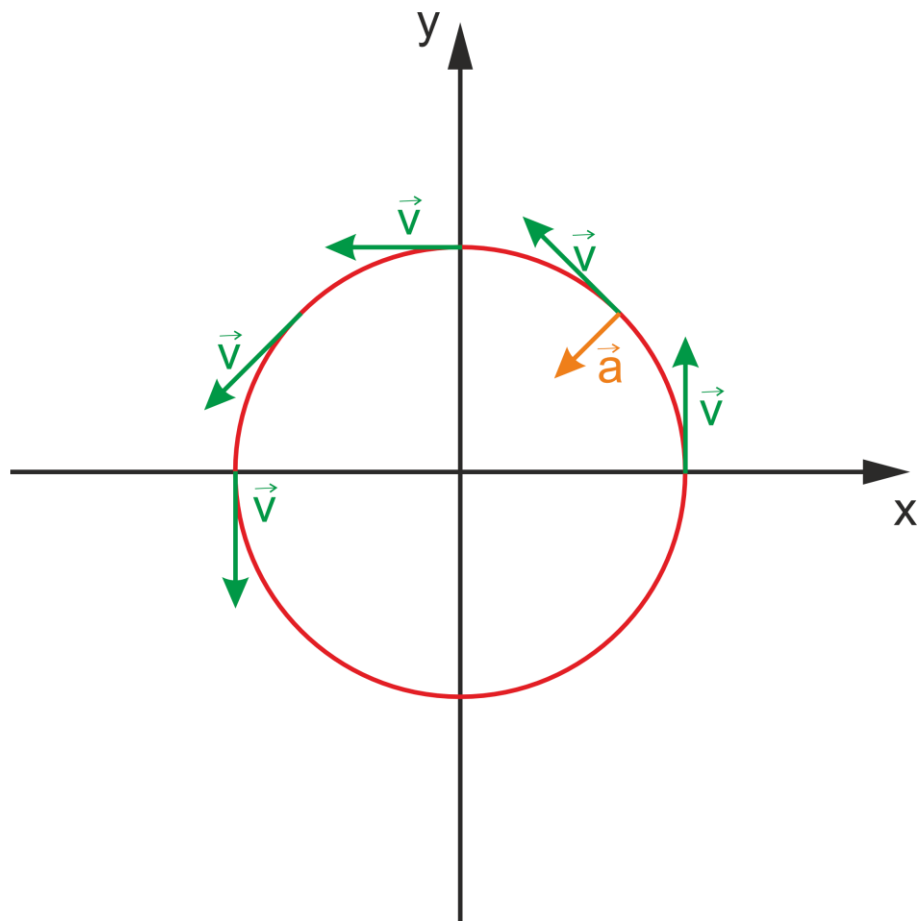


Ruch po torze o kształcie
okręgu ze stałą wartością
prędkości.

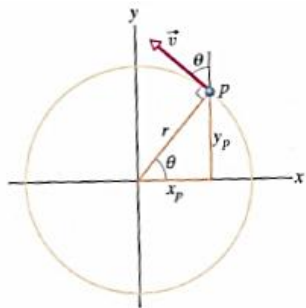
Ruch jednostajny po okręgu



Ruch jednostajny po okręgu



Ruch jednostajny po okręgu

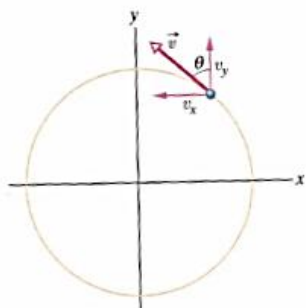


a)

$$\vec{v} = (v_x, v_y) = (-v \sin \theta, v \cos \theta) = \left(-\frac{v y_p}{r}, \frac{v x_p}{r} \right)$$

$$\sin \theta = \frac{y_p}{r}$$

$$\cos \theta = \frac{x_p}{r}$$

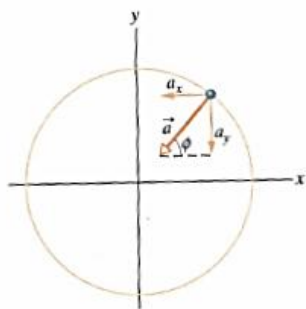


b)

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \left(-\frac{v}{r} \frac{dy_p}{dt}, \frac{v}{r} \frac{dx_p}{dt} \right) = \left(-\frac{v}{r} v_y, \frac{v}{r} v_x \right) = \left(-\frac{v^2}{r} \cos \theta, -\frac{v^2}{r} \sin \theta \right)$$

$$v_x = -v \sin \theta$$

$$v_y = v \cos \theta$$



c)

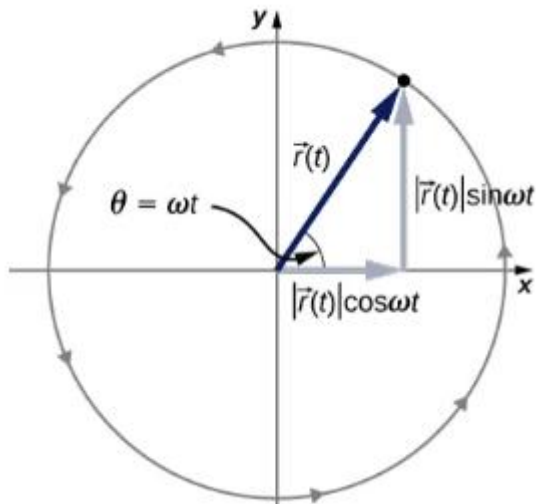
$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \frac{v^2}{r} \sqrt{(\cos \theta)^2 + (\sin \theta)^2} = \frac{v^2}{r}$$

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{a_y}{a_x} = \frac{-\frac{v^2}{r} \sin \theta}{-\frac{v^2}{r} \cos \theta} = \operatorname{tg} \theta$$

$$\phi = \theta$$

Ruch jednostajny po okręgu

<https://openstax.org/books/fizyka-dla-szk%C3%B3%C5%82-wy%C5%BCszych-tom-1/pages/4-4-ruch-po-okregu>



Częstość kątowna (kołowa):

$$\theta = \omega t \quad \omega = \frac{\theta}{t} \quad [\omega] = \frac{rad}{s}$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$\vec{r}(t) = (r \cos(\omega t), r \sin(\omega t))$$

$$\vec{v}(t) = \frac{d\vec{r}(t)}{dt} = (-r\omega \sin(\omega t), r\omega \cos(\omega t))$$

$$\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}(t)}{dt} = (-r\omega^2 \cos(\omega t), -r\omega^2 \sin(\omega t))$$

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = r\omega^2 \sqrt{(\cos \theta)^2 + (\sin \theta)^2} = r\omega^2$$

Przyspieszenie kątowe:

$$\vec{\varepsilon} = \frac{d\vec{\omega}(t)}{dt} = 0$$

$$[\varepsilon] = \frac{rad}{s^2}$$

Ruch w 3D

$$\vec{r} = (x, y, z) = (e^{-\frac{t}{10}} \sin(5t), e^{-\frac{t}{10}} \cos(5t), t) \quad \vec{v} = (v_x, v_y, v_z) \quad \vec{a} = (a_x, a_y, a_z)$$

$$v_x = e^{-\frac{t}{10}} (5 \cos(5t) - \frac{1}{10} \sin 5t)$$

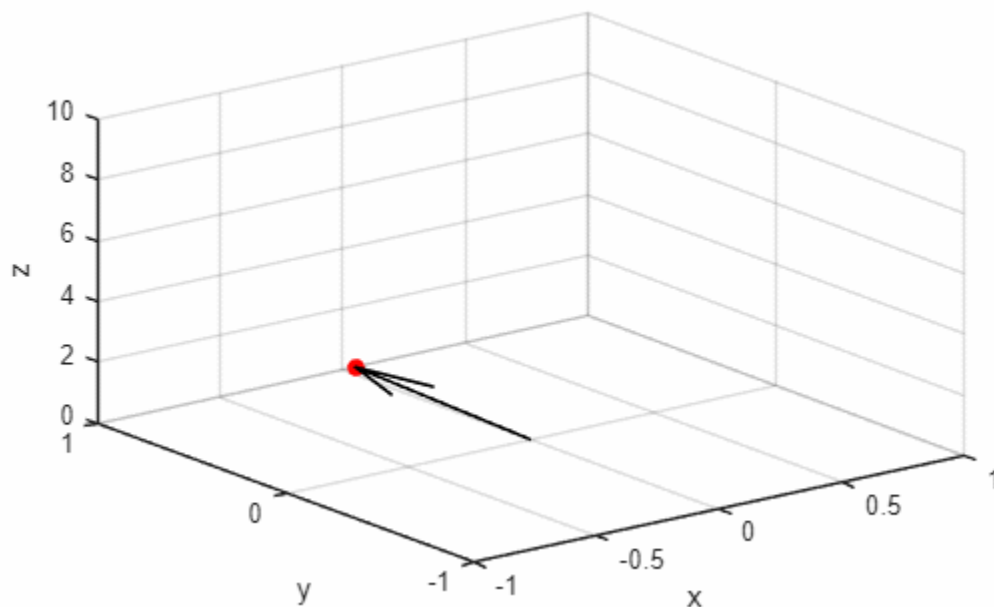
$$v_y = e^{-\frac{t}{10}} (-5 \sin(5t) - \frac{1}{10} \cos 5t)$$

$$v_z = 1$$

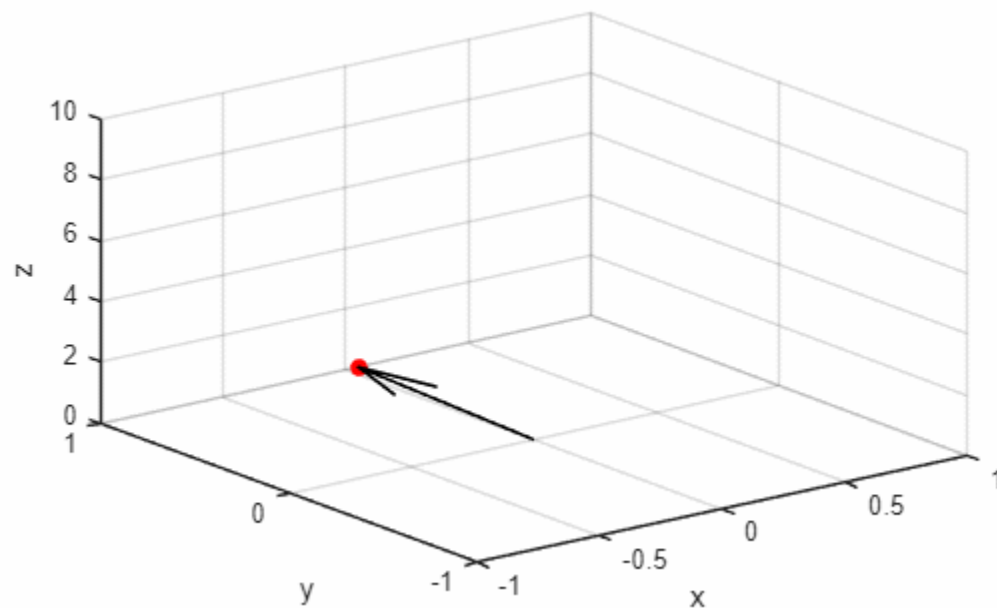
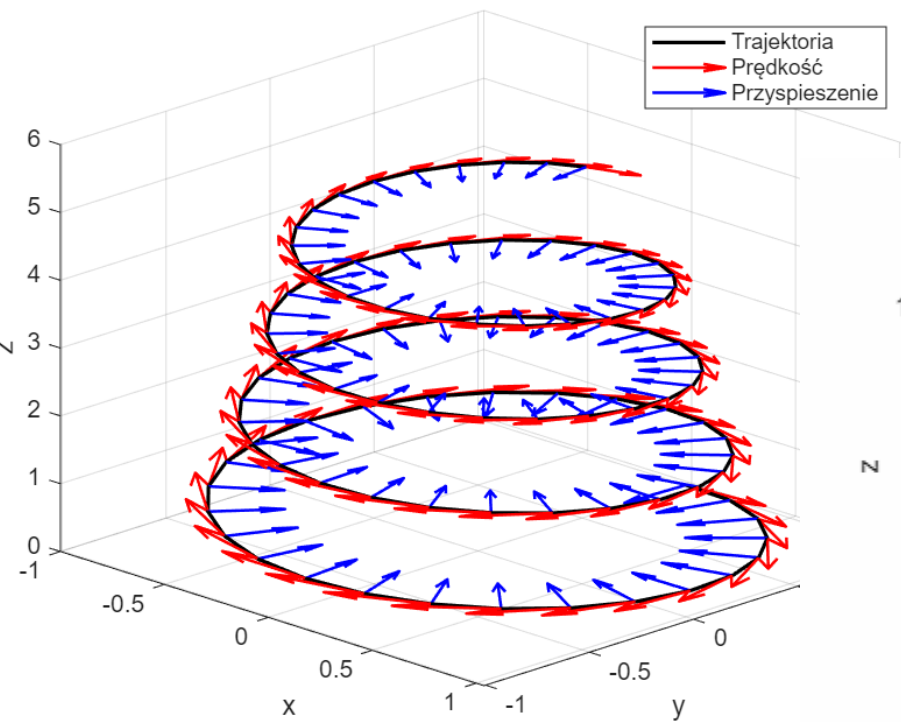
$$a_x = e^{-\frac{t}{10}} \left(-\frac{2499}{100} \sin(5t) - \cos 5t \right)$$

$$a_y = e^{-\frac{t}{10}} \left(\sin(5t) - \frac{2499}{100} \cos 5t \right)$$

$$a_z = 0$$



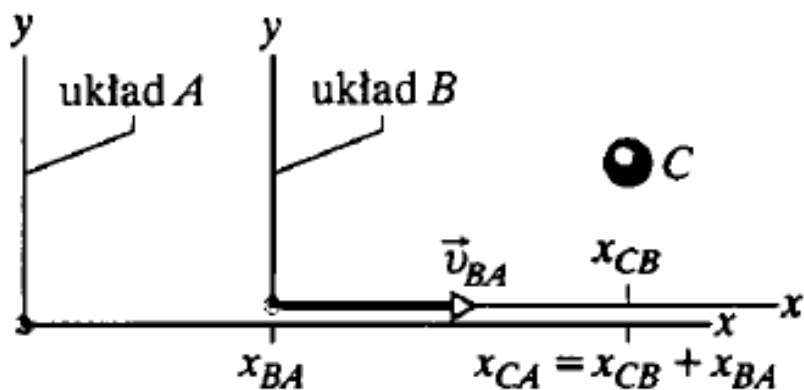
Ruch w 3D



Ruch względny

Układ odniesienia – obiekt względem, którego opisujemy położenie i ruch danego ciała, początek układu współrzędnych

$$v_{BA}(t) = \text{const.}$$



$$x_{CA} = x_{CB} + x_{BA}$$

$$v_{CA} = v_{CB} + v_{BA}$$

$$a_{CA} = a_{CB}$$

Analogicznie w 2D

Dynamika

Bada przyczyny ruchu

Siła

$$[F] = N = \frac{kgm}{s^2}$$

Wielkość wektorowa

Przyczyna zmiany przyspieszenia ciała

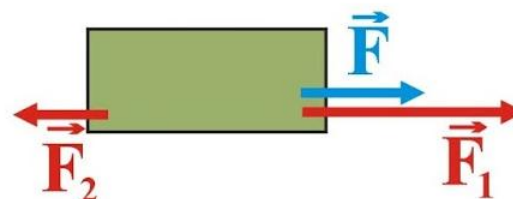
Miara oddziaływania ciał

Masa – miara ilości materii

$$[m] = kg$$

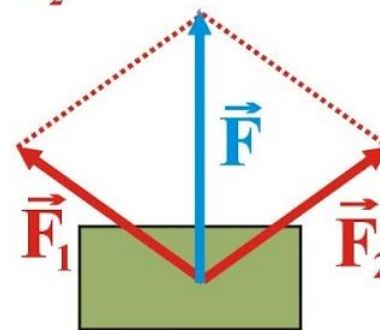
Skalar

Zdolność ciała do przeciwstawiania się zmianie stanu ruchu pod wpływem siły



$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

$$F = F_1 - F_2$$

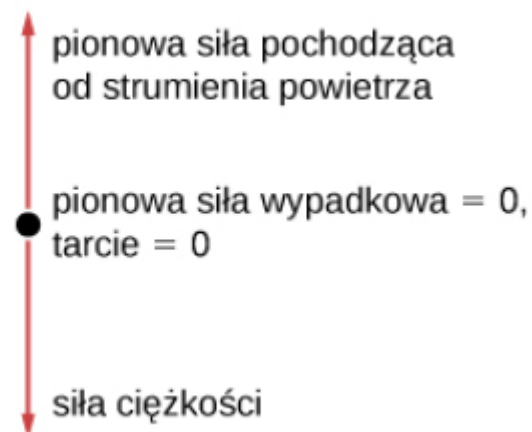
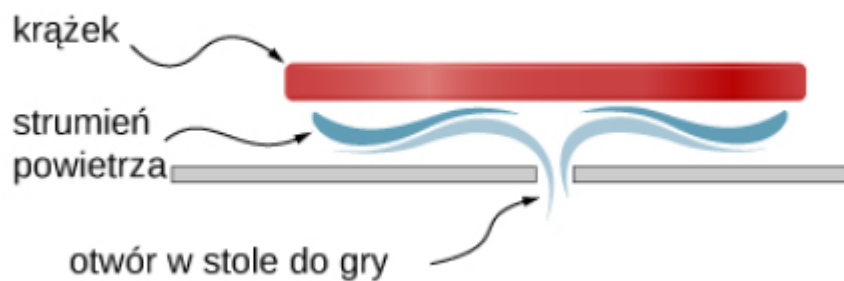


$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

<https://ourbabelschool.blogspot.com/2015/10/sia-i-jej-cechy-fizyka-4.html>

I zasada dynamiki Newtona

Jeśli na ciało nie działa siła lub działające siły się równoważą, ciało porusza się ze stałą prędkością, bądź pozostaje w spoczynku.



I zasada dynamiki Newtona

Jeśli na ciało nie działa siła lub działające siły się równoważą, ciało porusza się ze stałą prędkością, bądź pozostaje w spoczynku.

$$\vec{v} = \text{const.}, \text{ gdy } \vec{F}_{\text{wyp}} = 0 \text{ N}$$

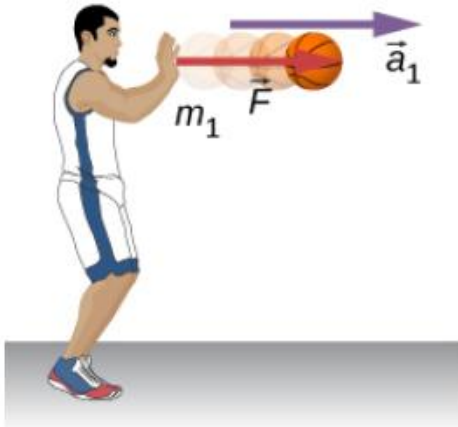
Układ inercjalny – jest spełniona I zasada dynamiki

Układ nieinercjalny – porusza się ruchem przyspieszonym względem układu inercjalnego, wprowadza się siły bezwładności

II zasada dynamiki Newtona

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{\text{wyp}}}{m}$$

<https://openstax.org/books/fizyka-dla-szk%C3%B3%C5%82-wy%C5%BCszych-tom-1/pages/4-4-ruch-po-okregu>



(a)



(b)

Siła działająca na każde ciało jest taka sama.



II zasada dynamiki Newtona

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{wyp}}{m}$$

$$\vec{F}_{wyp} = \vec{a}m$$

$$\vec{F}_{wyp} = \frac{d\vec{v}}{dt}m$$

$$\vec{F}_{wyp} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}$$

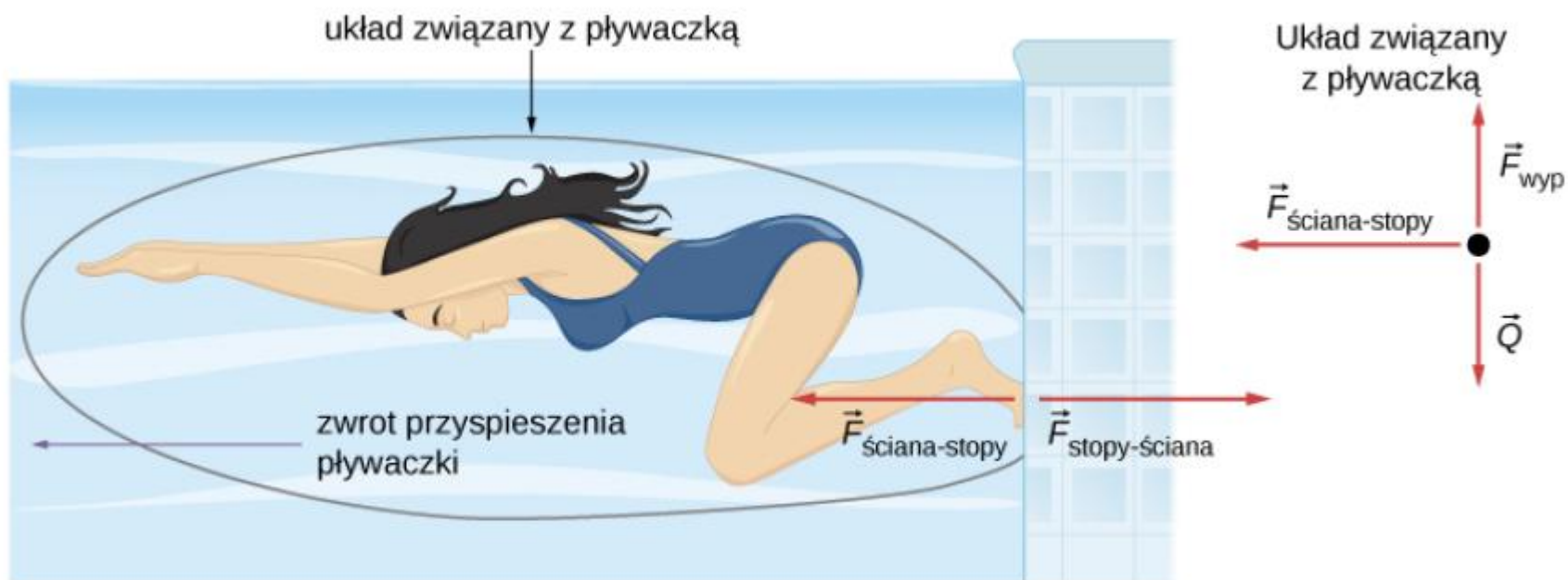
$$\vec{F}_{wyp} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

III zasada dynamiki Newtona

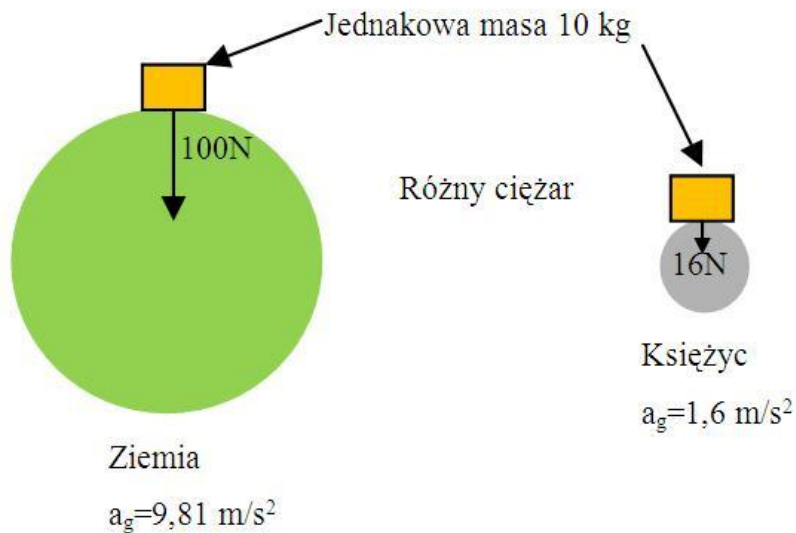
$$\vec{F}_{AB} = -\vec{F}_{BA}$$

<https://openstax.org/books/fizyka-dla-szk%C3%B3%C5%82-wy%C5%BCszych-tom-1/pages/4-4-ruch-po-okregu>

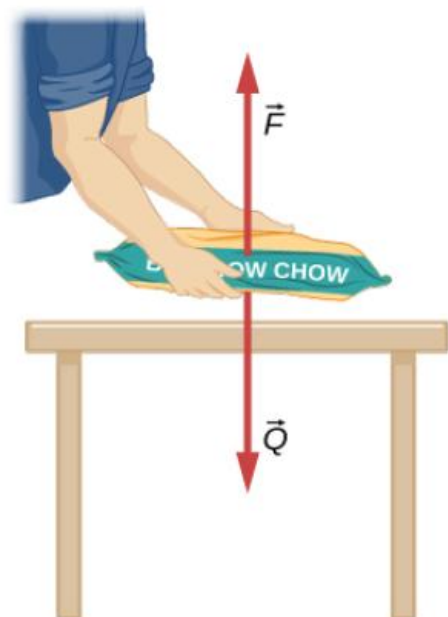


Rodzaje sił – siła ciężkości

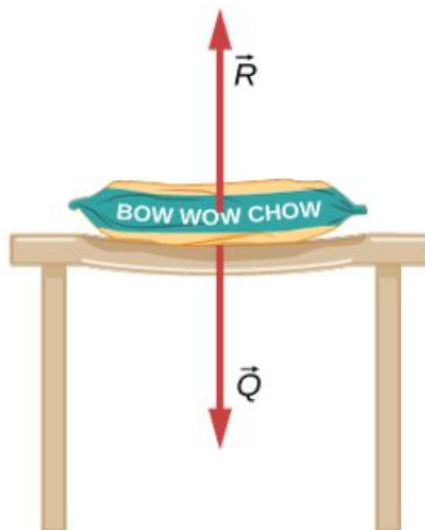
$$\vec{G} = \vec{F}_g = m\vec{g}$$



Rodzaje sił – siła nacisku (normalna)



(a)



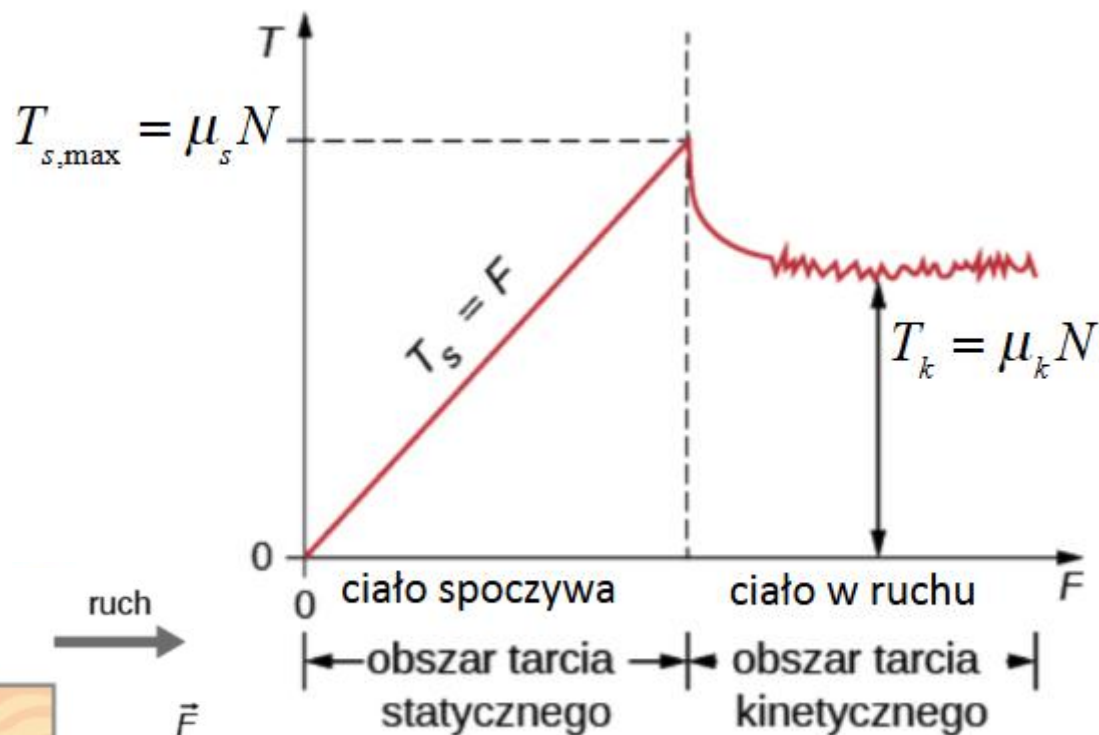
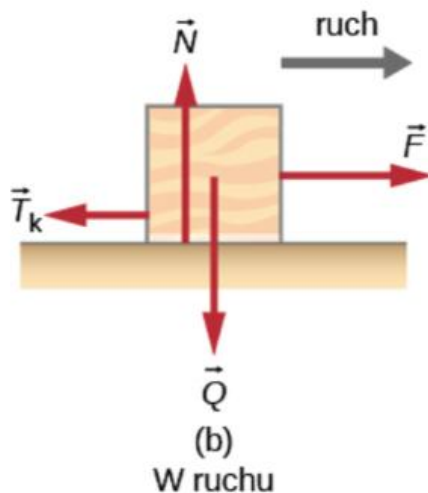
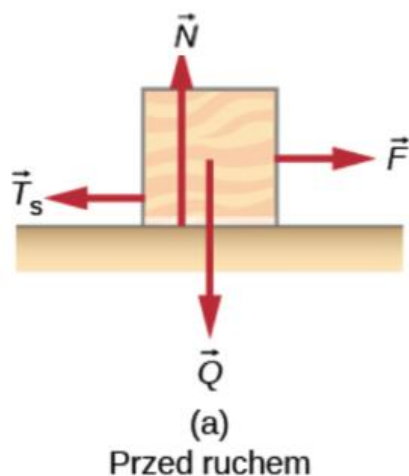
(b)



$$\vec{R} = \vec{F}_N = m\vec{g}$$

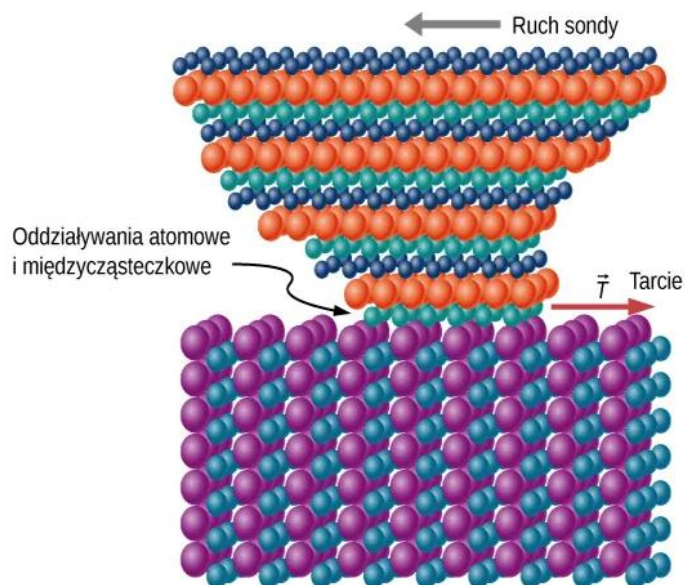
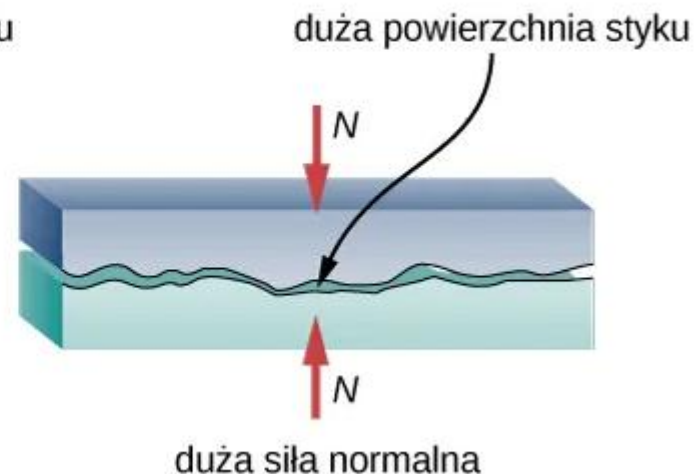
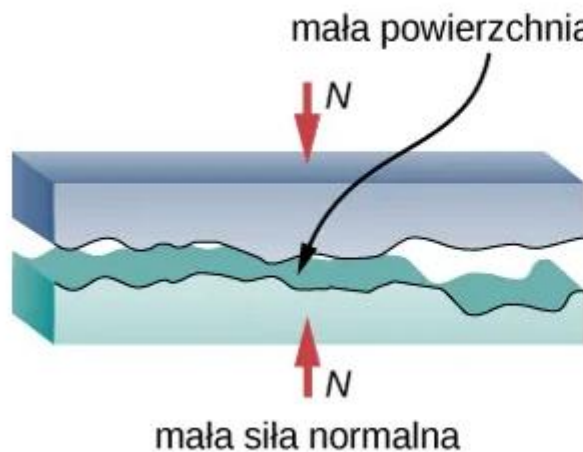
Rodzaje sił – siła tarcia

Siła oporu
przeciwstawiająca się
ruchowi, wynika z nacisku
na powierzchnię.



https://dydaktyka.fizyka.umk.pl/fizykaAIR/7_tarcie_opor.pdf

Rodzaje sił – siła tarcia w skali atomowej



Oddziaływania międzyatomowe pozwalają wytłumaczyć powstawanie tarcia, ciepła czy odkształcenia.

Rodzaje sił – siła oporu

Siła oporu przeciwstawiająca się ruchowi w płynie, zależna od prędkości ciała.

$$F_{op} = \frac{1}{2} C \rho S v^2$$

C – współczynnik oporu ośrodka

ρ - gęstość cieczy/gazu

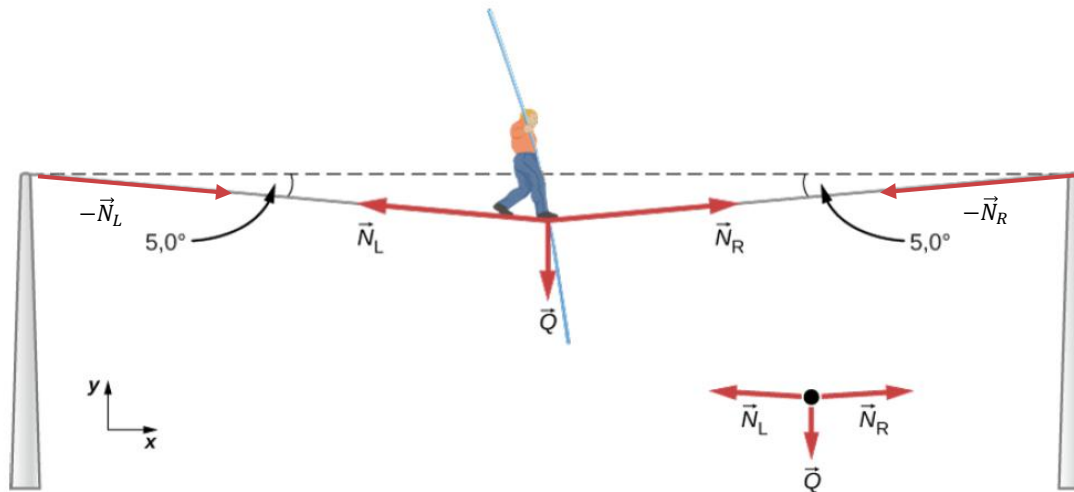
S – przekrój poprzeczny ciała

v – prędkość ciała

Obiekt	C
Płat aerodynamiczny	0,05
Toyota Camry	0,28
Ford Focus	0,32
Honda Civic	0,36
Ferrari Testarossa	0,37
Dodge Ram Pickup	0,43
Sfera	0,45
Hummer H2 SUV	0,64
Rower	0,90

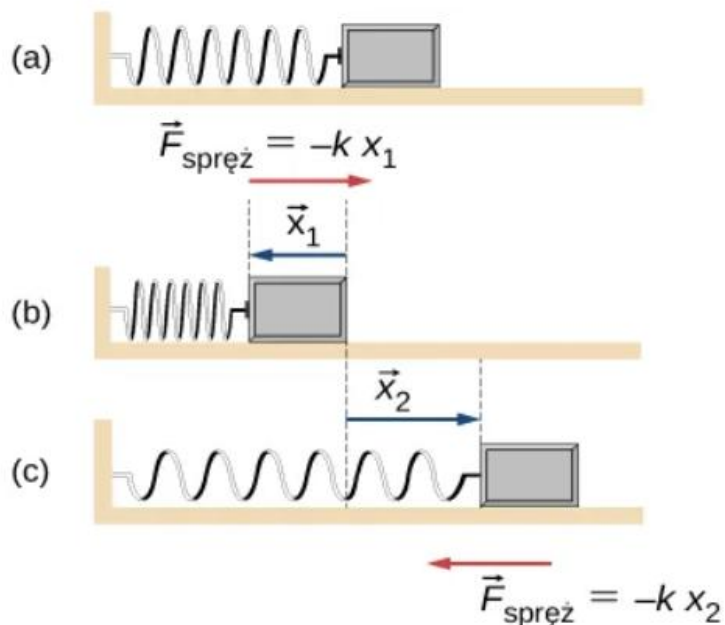
Rodzaje sił – siła naciągu

Skierowana zawsze na zewnątrz linii, rozciągniętej między dwoma ciałami

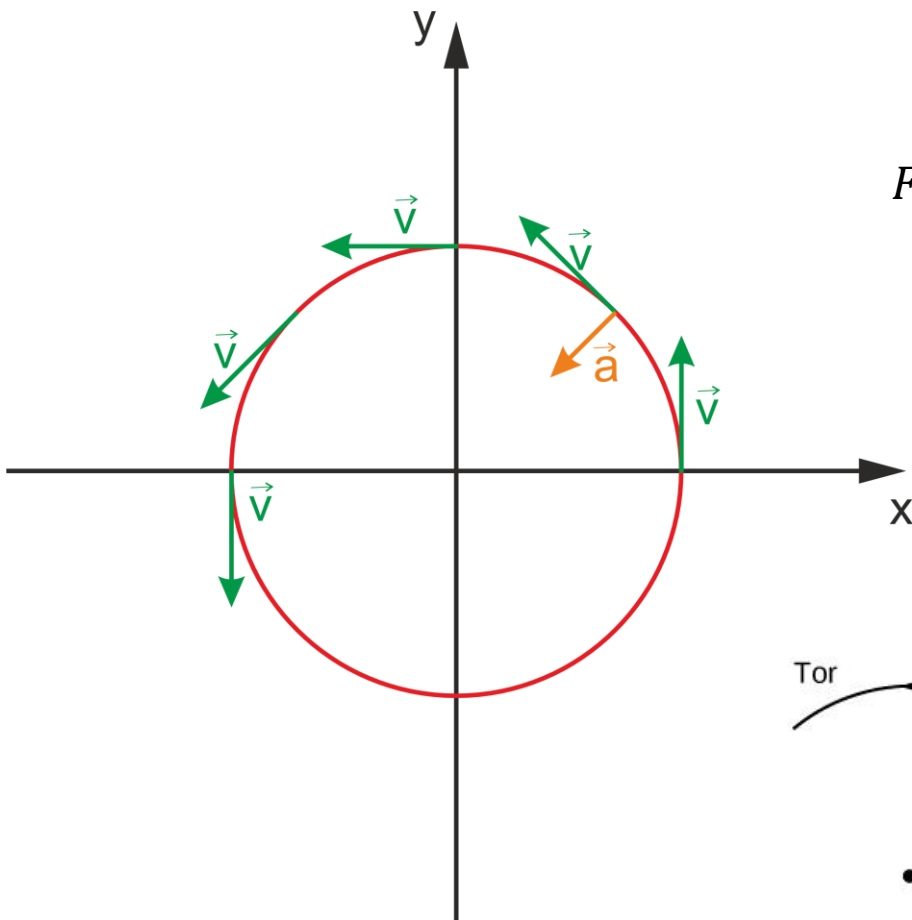


Rodzaje sił – siła sprężystości

Sprężystość – własność ciał związana z odzyskiwaniem pierwotnego kształtu po usunięciu zewnętrznych sił.



Rodzaje sił – siła dośrodkowa

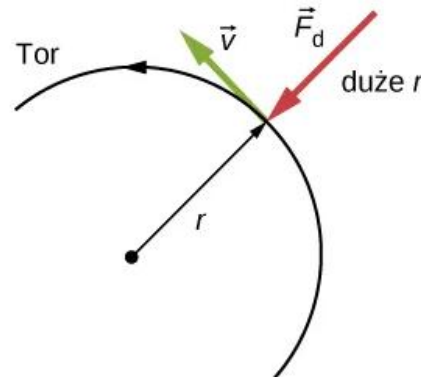


$$a = \frac{v^2}{r}$$

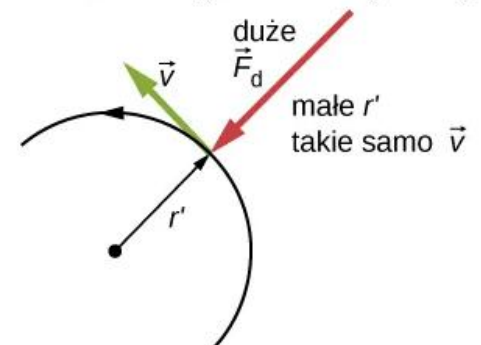
$$F = ma = m \frac{v^2}{r}$$

$$a = r\omega^2$$

$$F = ma = mr\omega^2$$

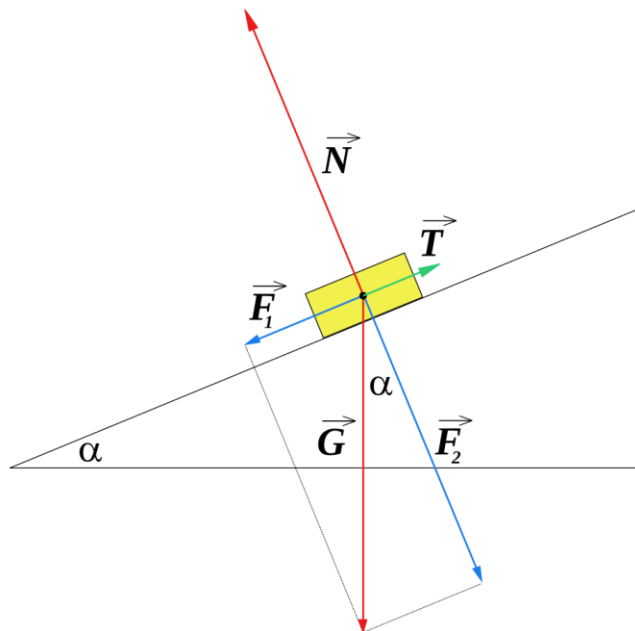


$\vec{F}_d$ równoległa do $\vec{a}_d$ ponieważ $\vec{F}_d = m\vec{a}_d$



Rodzaje sił – przykład – równia pochyła

Autorstwa 4C - Praca własna, based on some remarks from StoK, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1017794>



I zasada dynamiki

Jeśli $\vec{a} = 0$, to $\vec{F}_1 = \vec{T}$

II zasada dynamiki

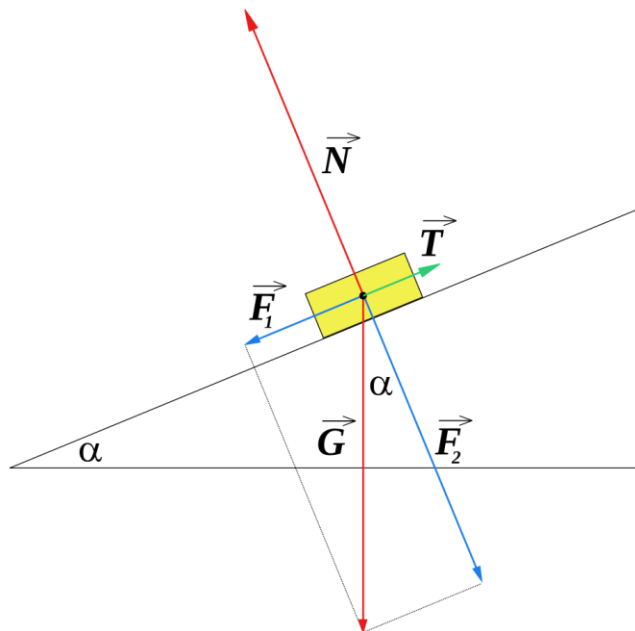
Jeśli $\vec{a} = \text{const.}$, to $\vec{F}_1 \neq \vec{T}$

III zasada dynamiki

$$\vec{F}_2 = \vec{N}$$

Rodzaje sił – przykład – równia pochyła

Autorstwa 4C - Praca własna, based on some remarks from StoK, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1017794>



$$\vec{F}_{wyp} = \vec{N} + \vec{G} + \vec{T} = m\vec{a}$$

$$\vec{G} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

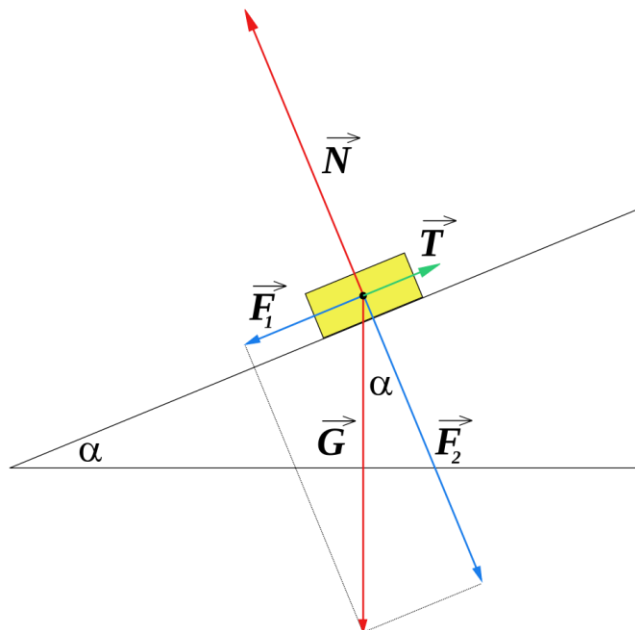
$$\vec{F}_{wyp} = \vec{N} + \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{T} = m\vec{a}$$

$$\vec{N} = -\vec{F}_2$$

$$\vec{F}_{wyp} = \vec{F}_1 + \vec{T} = m\vec{a}$$

Rodzaje sił – przykład – równia pochyła

Autorstwa 4C - Praca własna, based on some remarks from StoK, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1017794>



$$\vec{F}_{\text{wyp}} = \vec{F}_1 + \vec{T} = m\vec{a}$$

$$F_{\text{wyp}} = F_1 - T = ma$$

$$F_1 = G \sin \alpha = mg \sin \alpha$$

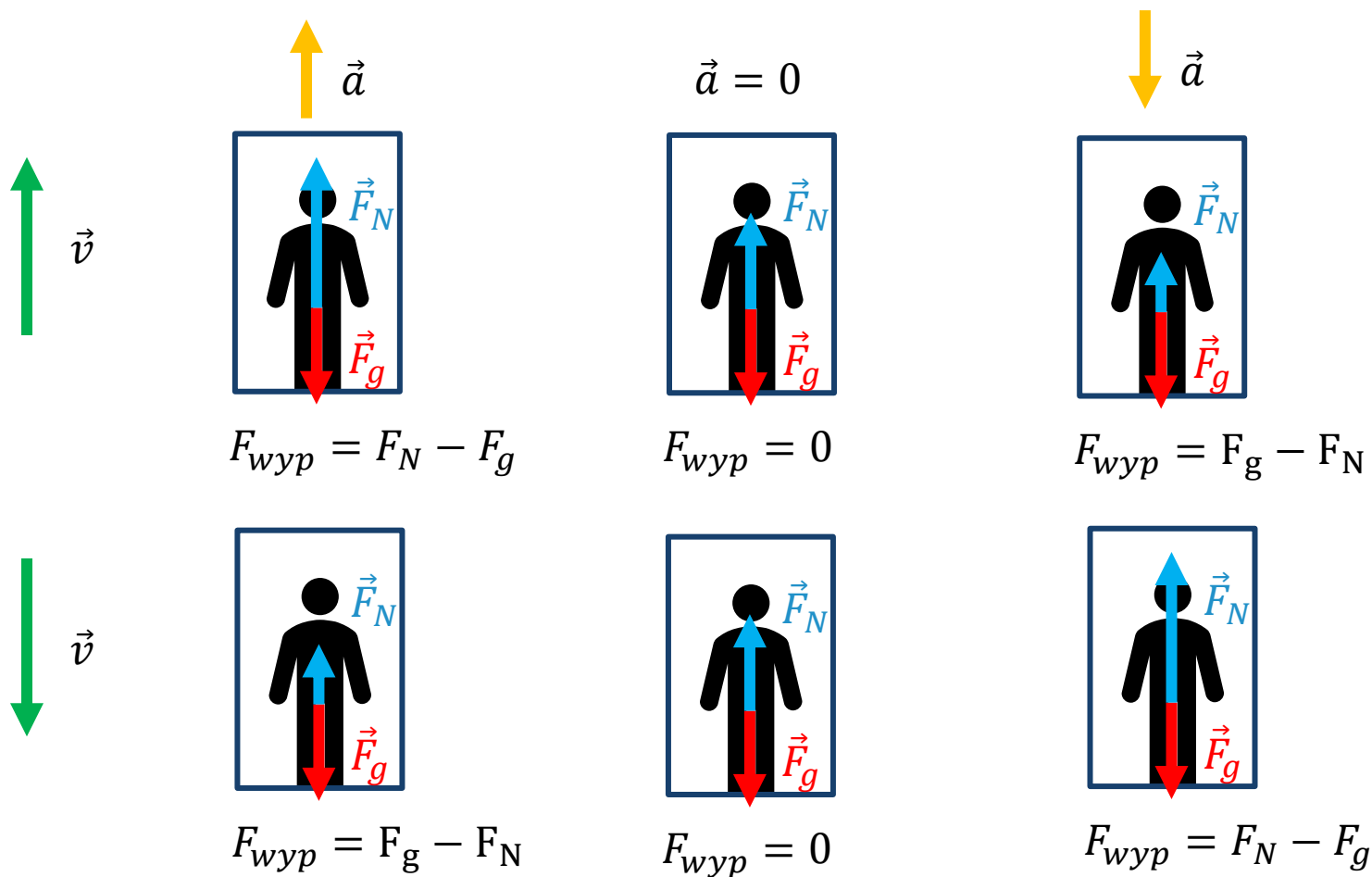
$$ma = mg \sin \alpha - T$$

$$a = g \sin \alpha - \frac{T}{m}$$

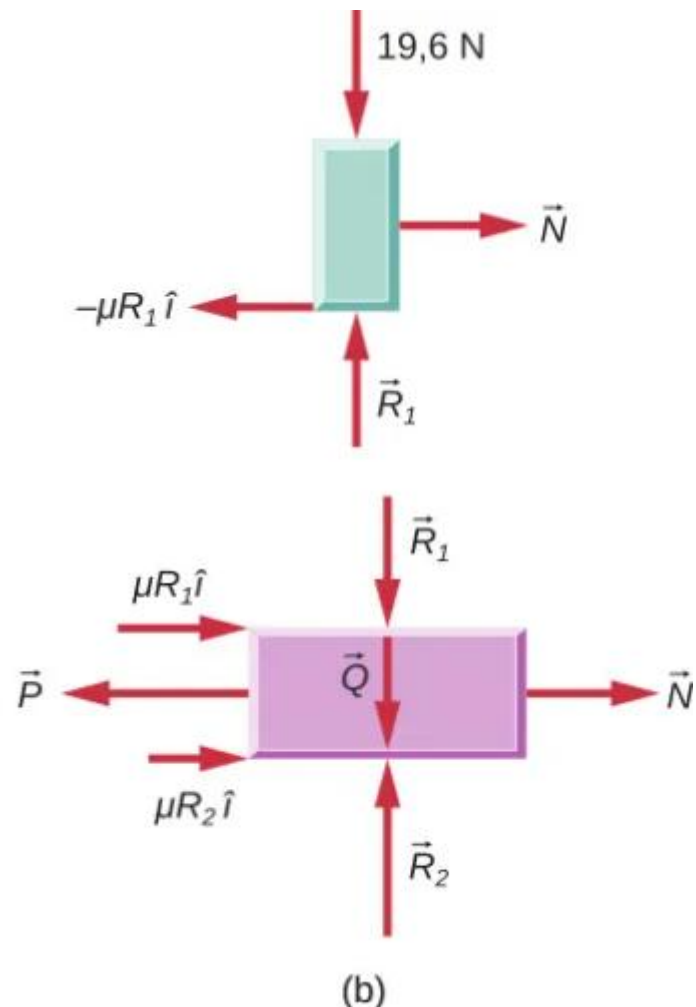
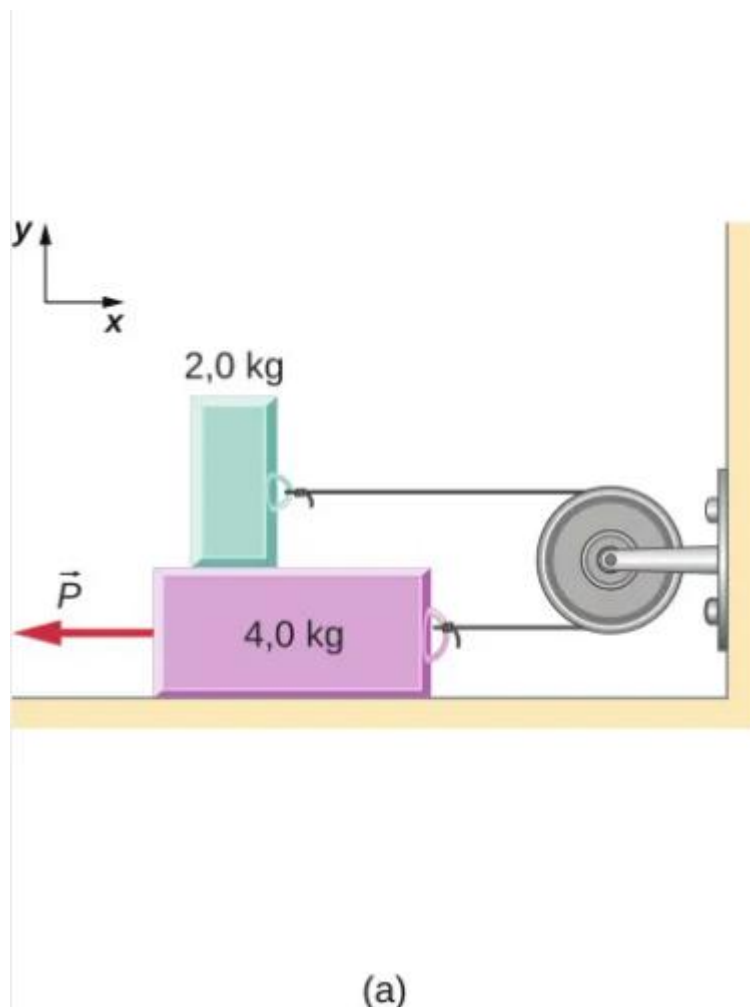
$$v = \int a dt = \left(g \sin \alpha - \frac{T}{m} \right) t + v_0$$

$$x = \int v dt = \frac{1}{2} \left(g \sin \alpha - \frac{T}{m} \right) t^2 + v_0 t + x_0$$

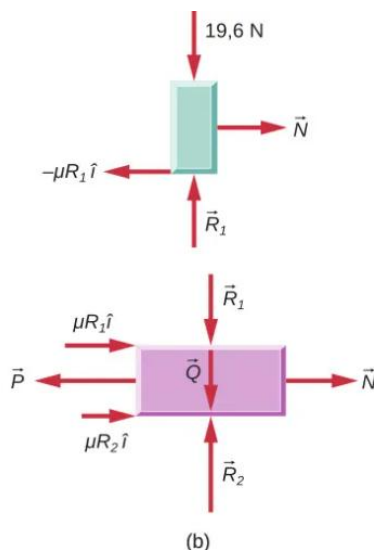
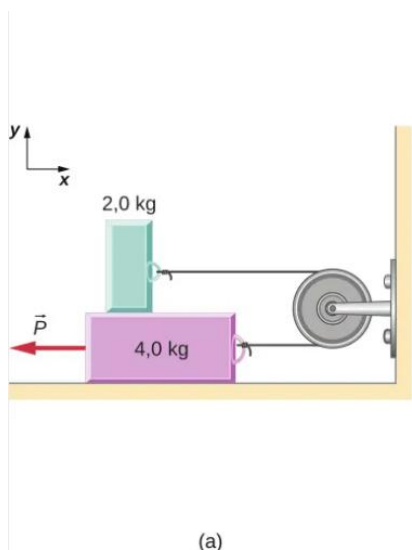
Rodzaje sił – przykład – winda



Rodzaje sił – przykład – bloczek



Rodzaje sił – przykład – bloczek



Zakładamy $v = \text{const.}$

$$\vec{a} = 0$$

$$\vec{F}_{\text{wyp}} = 0$$

Górny klocek:

$$\vec{T}_1 + \vec{N} = 0$$

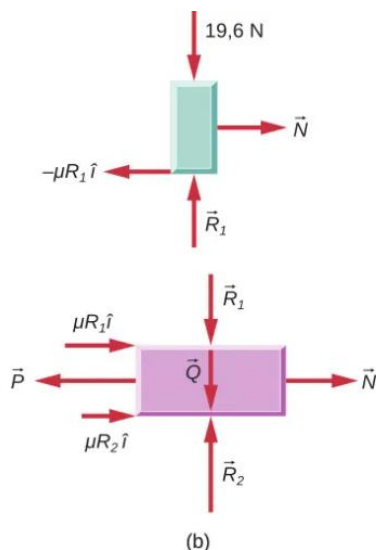
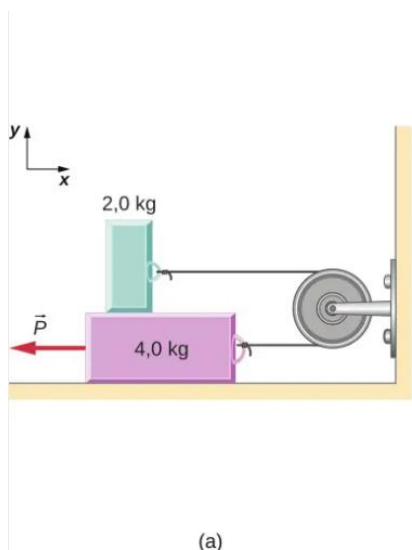
$$\vec{F}_g + \vec{R}_1 = 0$$

Dolny klocek:

$$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{P} + \vec{N} = 0$$

$$\vec{R}_1 + \vec{R}_2 + \vec{Q} = 0$$

Rodzaje sił – przykład – bloczek



Zakładamy $v = \text{const.}$

$$\vec{a} = 0$$

$$\vec{F}_{\text{wyp}} = 0$$

Górny klocek:

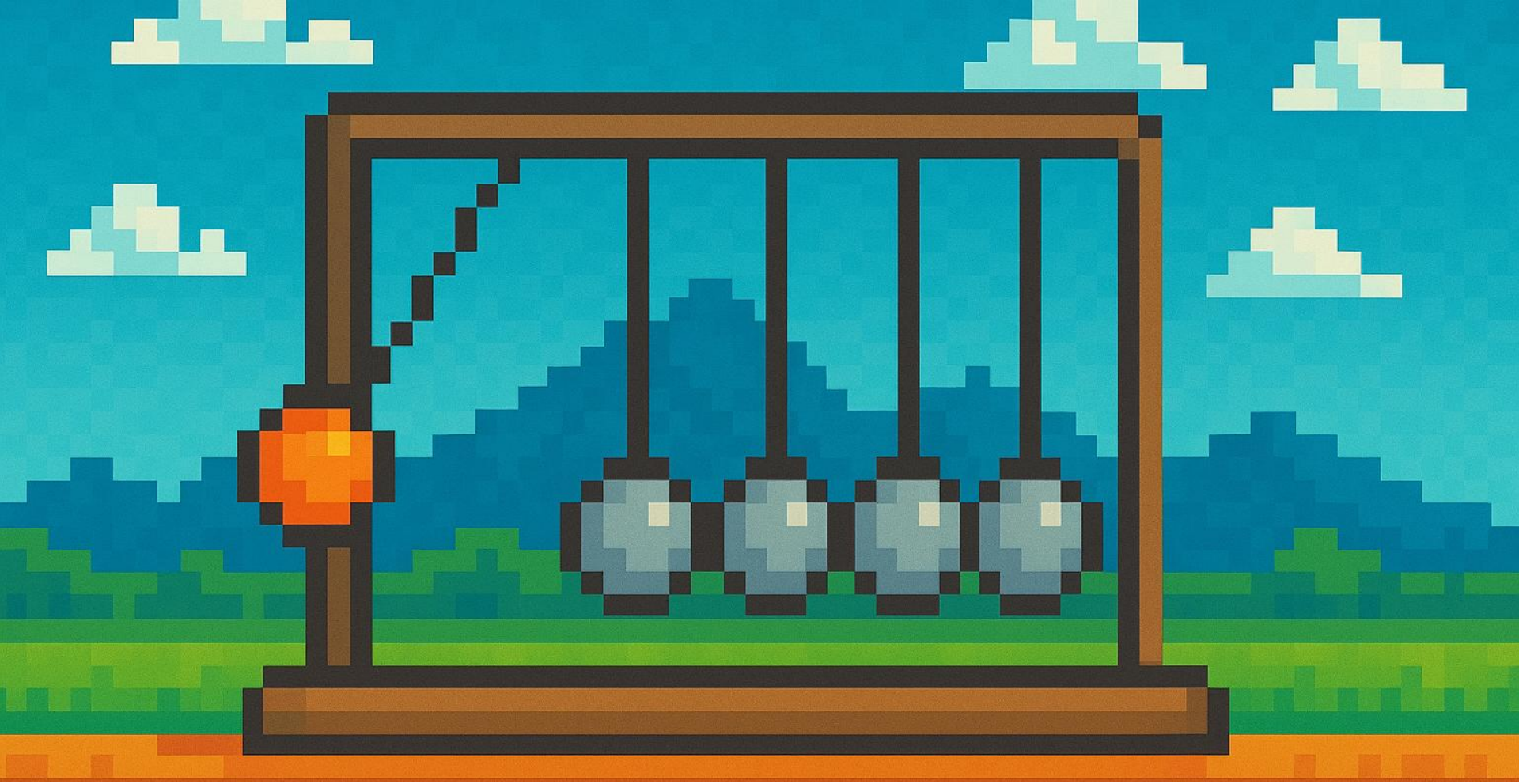
$$T_1 = N$$

$$F_g = R_1$$

Dolny klocek:

$$T_1 + T_2 + N = P$$

$$R_1 + Q = R_2$$



FIZYKA Z ELEMENTAMI FIZYKI RADIACYJNEJ I | WYKŁAD 3

Dziękuję za uwagę

dr inż. Katarzyna Gwóźdź