Wykład 5. WARUNKI RÓWNOWAGI STATYCZNEJ (przypomnienie)

1. Warunek równowagi sił

wypadkowa wszystkich sił działających na ciało jest równa zeru:

wektorowo:

$$\boxed{\sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i = 0}$$

skalarnie :
(dla składowych siły wypadkowej)

$$\sum_i F_{ix} = 0, \quad \sum_i F_{iy} = 0, \quad \sum_i F_{iz} = 0.$$

2. Warunek równowagi momentów sił - wypadkowa wszystkich momentów sił względem dowolnie wybranej osi jest równa zeru:

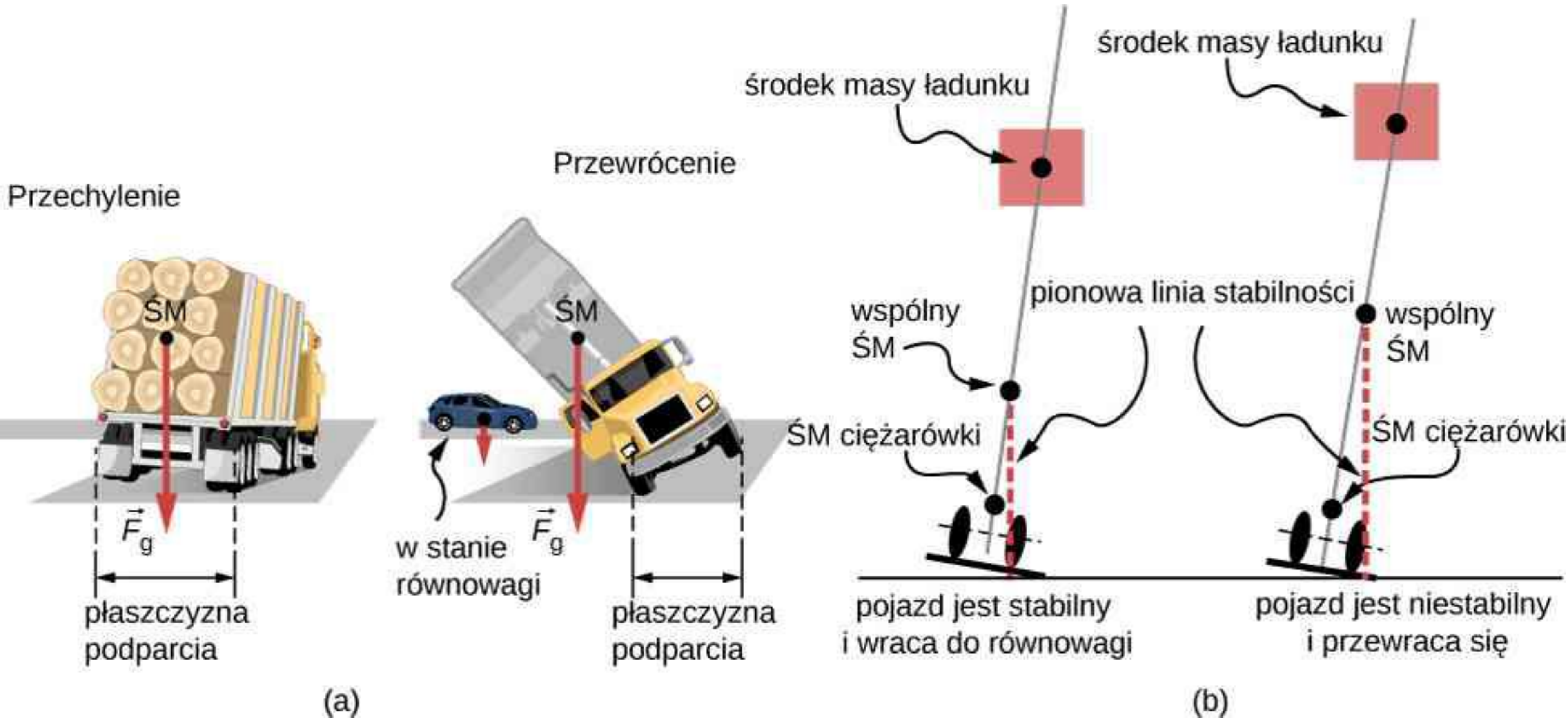
wektorowo:

$$\boxed{\sum_{i=1}^{n} \vec{M}_i = 0}$$

skalarnie :

$$\sum_i M_{ix} = 0, \quad \sum_i M_{iy} = 0, \quad \sum_i M_{iz} = 0.$$

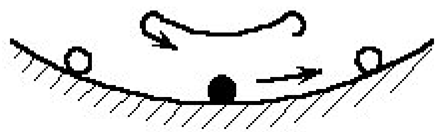
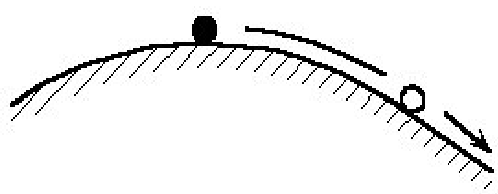
Równowaga a środek ciężkości



Rys. Na rysunku wektor ciężkości jest przyłożony do środka ciężkości ciała.
Rys. źródło: *„Fizyka dla szkół wyższych* S. Ling, , J.Sanny, W. Moebs .

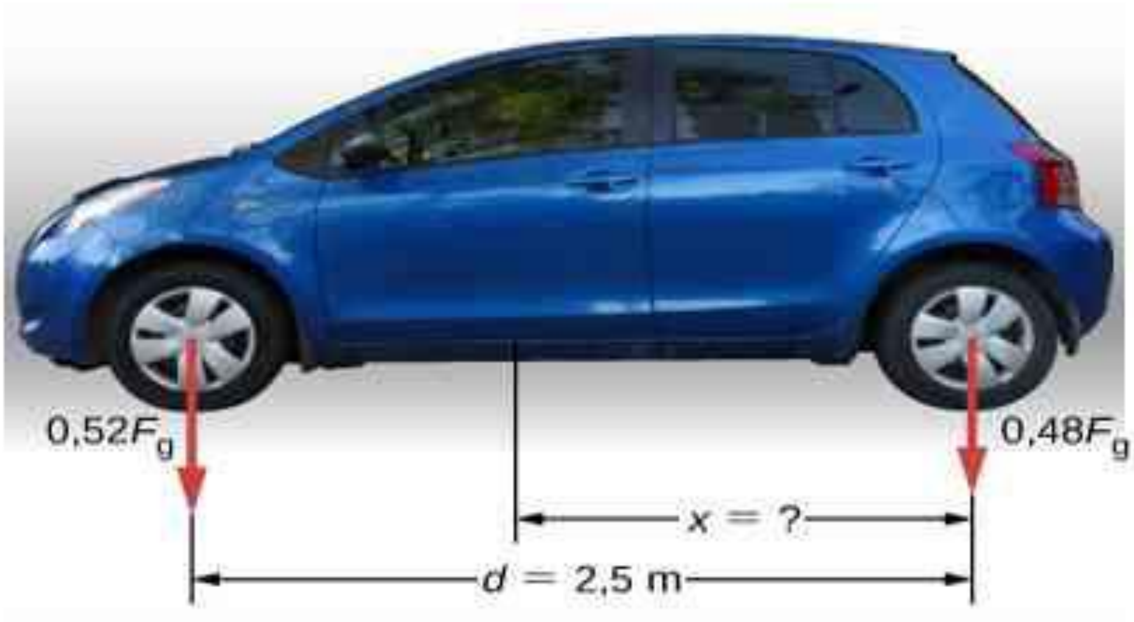
W jednorodnym polu grawitacyjnym środek ciężkości jest identyczny ze środkiem masy. Dlatego stosujemy pojęcie "środek masy" (ŚM) w znaczeniu punktu, w którym przyłożony jest wektor ciężkości.

W zależności od położenia środka ciężkości wyróżniamy trzy rodzaje równowagi ciała podpartego (bądź zawieszonego) :

Rodzaje równowagi		Położenie środka ciężkości
trwała		podnosi się
nietrwała		obniża się
obojętna		pozostaje bez zmiany

Przykład 2- Środek ciężkości samochodu

Na płaskim podłożu samochód osobowy o rozstawie osi 2,5 m wywiera na przedniej osi nacisk wynoszący 52% ciężaru pojazdu, tak jak pokazano na rysunku. Gdzie jest położony ŚM tego samochodu w stosunku do tylnej osi?

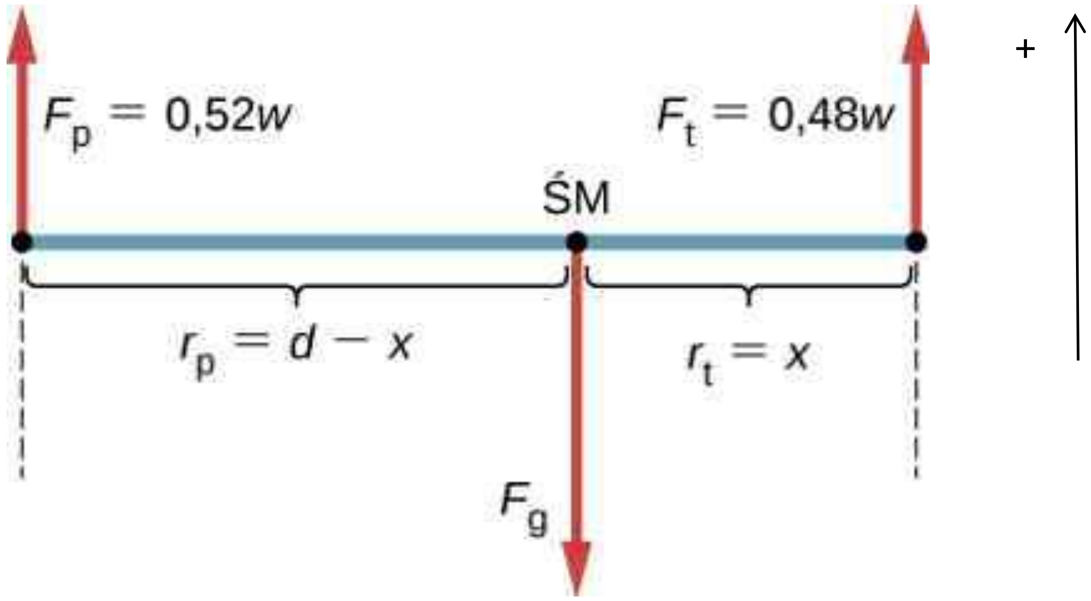


Rys. Rozkład ciężaru między osiami samochodu.
Rys. źródło: „*Fizyka dla szkół wyższych* S. Ling, , J.Sanny, W. Moebs

Przykład 2- Środek ciężkości samochodu -rozwiązanie

Dane:
d= 2,5 m
$F_p = 0{,}52\ F_g$

$F_t = 0{,}48\ F_g$



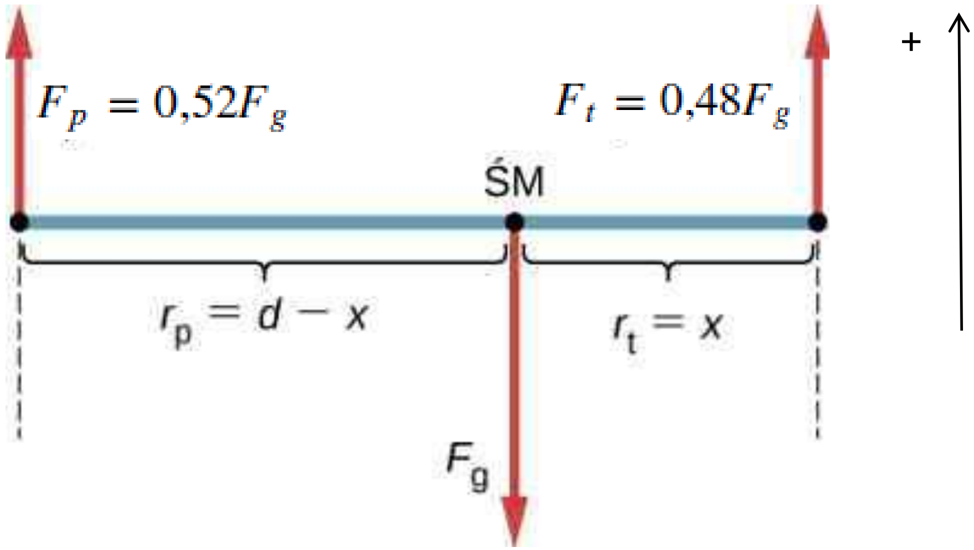
Szukane:

x=?

Siły działające na samochód i ich odległości do środka masy (ŚM). ŚM wybiera się jako położenie osi obrotu.

Układ będzie w równowadze:

$$\begin{cases} (1) & \sum_i \vec{F}_i = 0 \\ (2) & \sum_j \vec{M}_{j(A)} = 0 \end{cases}$$



Skalarnie:

$$\begin{cases} F_p - mg + F_t = 0 \Rightarrow F_t = mg - F_p & (3) \rightarrow (5) \\ x \cdot F_t - (d - x) \cdot F_p = 0 & (4) \end{cases}$$

Podstawiając (5) do (4) wyznaczymy x:

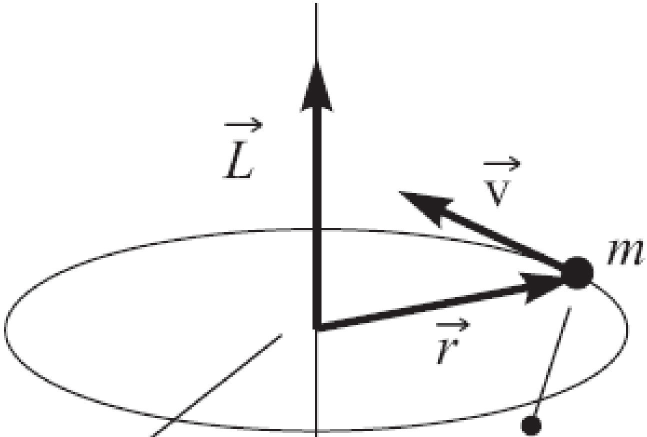
$$x \cdot \left(mg - F_p \right) - (d - x) \cdot F_p = 0$$

$$x = \frac{d \cdot F_p}{mg} = \frac{d \cdot 0{,}52mg}{mg} = 0{,}52d \Rightarrow \underline{x = 1{,}3m}$$

❑ Moment pędu (L)- ciało punktowe

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$$

$$\left|\vec{L}\right| = \left|\vec{r}\right| \cdot \left|\vec{p}\right| \cdot \sin\alpha$$



Kierunek wektora momentu pędu jest skierowany wzdłuż osi obrotu, a jego kierunek i zwrot określa reguła prawej dłoni.

$$L = r \cdot p \cdot \sin\alpha = r \cdot m \cdot \boxed{\upsilon \cdot \sin\alpha} = r \cdot m \cdot \omega \cdot r = m \cdot r^2 \cdot \omega = I \cdot \omega$$

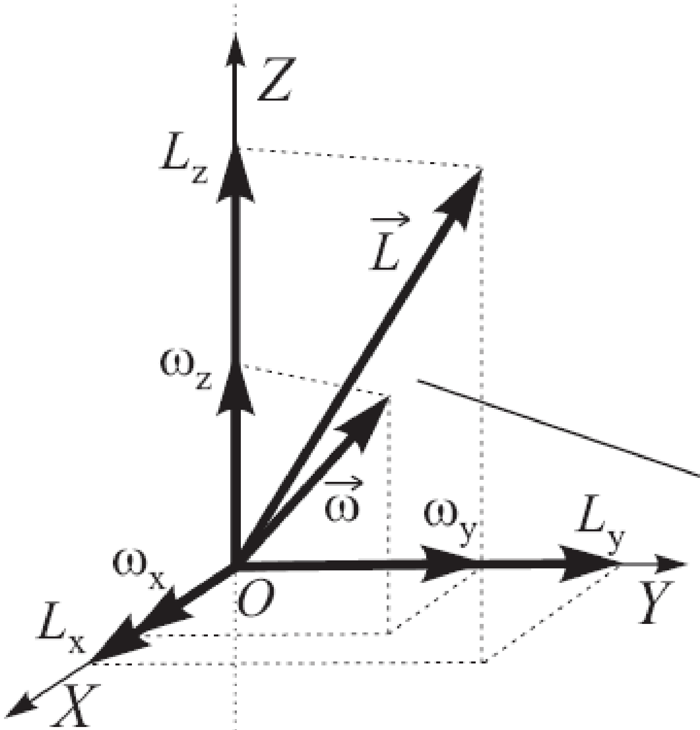
$$\upsilon_s = \omega \cdot r$$

$$\vec{L} = I \cdot \vec{\omega}$$

Związek między momentem pędu a prędkością kątową

➢ **Czy wektory momentu pędu i prędkości kątowej bryły sztywnej zawsze są równoległe?**

❑ Moment pędu bryły sztywnej



tensor bezwładności

prędkość kątowa (chwilowa)

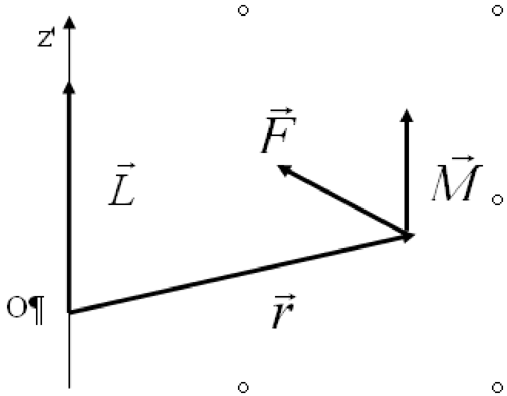
$$\boxed{\vec{L} = \hat{I}\,\vec{\omega}}$$

całkowity moment pędu ciała

wektor momentu pędu $\vec{L}$ nie musi być równoległy do wektora prędkości kątowej $\vec{\omega}$

$$\vec{L} = \begin{bmatrix} I_{xx} & I_{xy} & I_{xz} \\ I_{yx} & I_{yy} & I_{yz} \\ I_{zx} & I_{zy} & I_{zz} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{bmatrix}$$

II UOGÓLNIONA ZASADA DYNAMIKI NEWTONA DLA RUCHU OBROTOWEGO



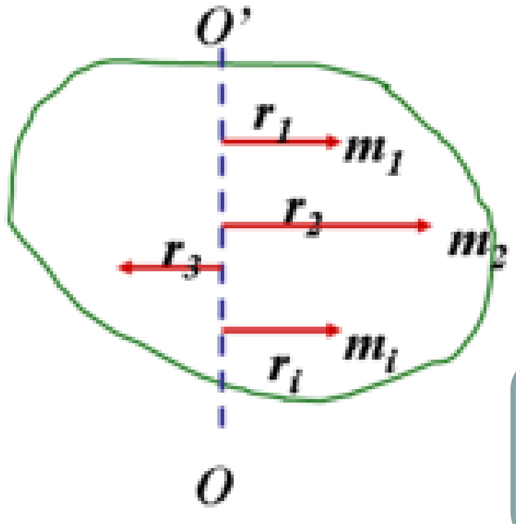
$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F} = \vec{r} \times \frac{\mathrm{d}\vec{p}}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}(\vec{r} \times \vec{p})}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}\vec{L}}{\mathrm{d}t}$$

$$\boxed{\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}}$$

Szybkość zmiany momentu pędu ciała względem nieruchomej osi obrotu równa się wypadkowemu momentowi sił zewnętrznych działających na ciało.

ENERGIA KINETYCZNA RUCHU OBROTOWEGO

Punkt materialny: $E_k = \dfrac{mv^2}{2}$



Bryła sztywna:

$$E_k = \sum_i \frac{m_i v_i^2}{2} = \sum_i \frac{m_i r_i^2 \omega^2}{2} =$$

$$= \frac{\omega^2}{2} \sum_i m_i r_i^2 = \frac{I\omega^2}{2}$$

Energia kinetyczna ciała w ruchu obrotowym

$$E_K = \frac{I\omega^2}{2}$$

WNIOSEK:

Aby zwiększyć energie kinetyczną ciała w ruchu obrotowym trzeba nie tylko nadać mu dużą prędkość kątową, ale także uczynić możliwie dużym jego moment bezwładności.

Można to zrealizować zwiększając masę ciała lub poprzez rozmieszczenie masy w możliwie dużej odległości od osi obrotu.

CAŁKOWITA ENERGIA KINETYCZNA

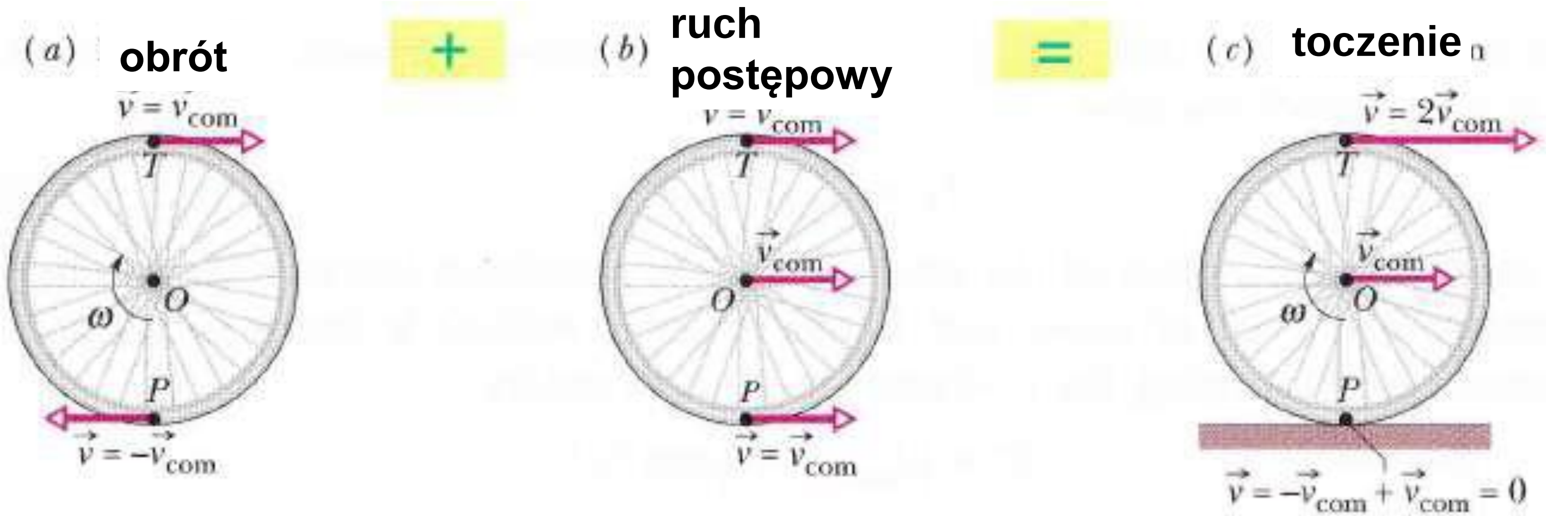
prędkość środka masy

moment bezwładności względem osi przechodzącej przez środek masy

$$\boxed{E_{kC} = \frac{m\,v_O^2}{2} + \frac{I_O\,\omega^2}{2}}$$

energia kinetyczna ruchu postępowego

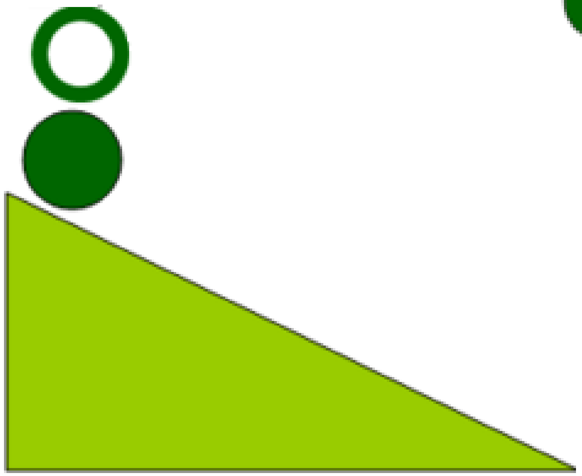
energia kinetyczna ruchu obrotowego



Toczenie – złożenie ruchu postępowego i obrotowego.

Przykład 3 - Rola momentu bezwładności

Dwa walce (rys.) o tej samej masie i średnicy staczają się z tej samej równi pochyłej.
Który pierwszy osiągnie podstawę ? Co jest powodem tej różnicy?



Walec pełny: $I = \frac{1}{2} m \cdot r^2$

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{mr^2 \cdot \frac{v^2}{r^2}}{2 \cdot 2} = \frac{3}{4} mv^2 \qquad v = \sqrt{\frac{4}{3} gh}$$

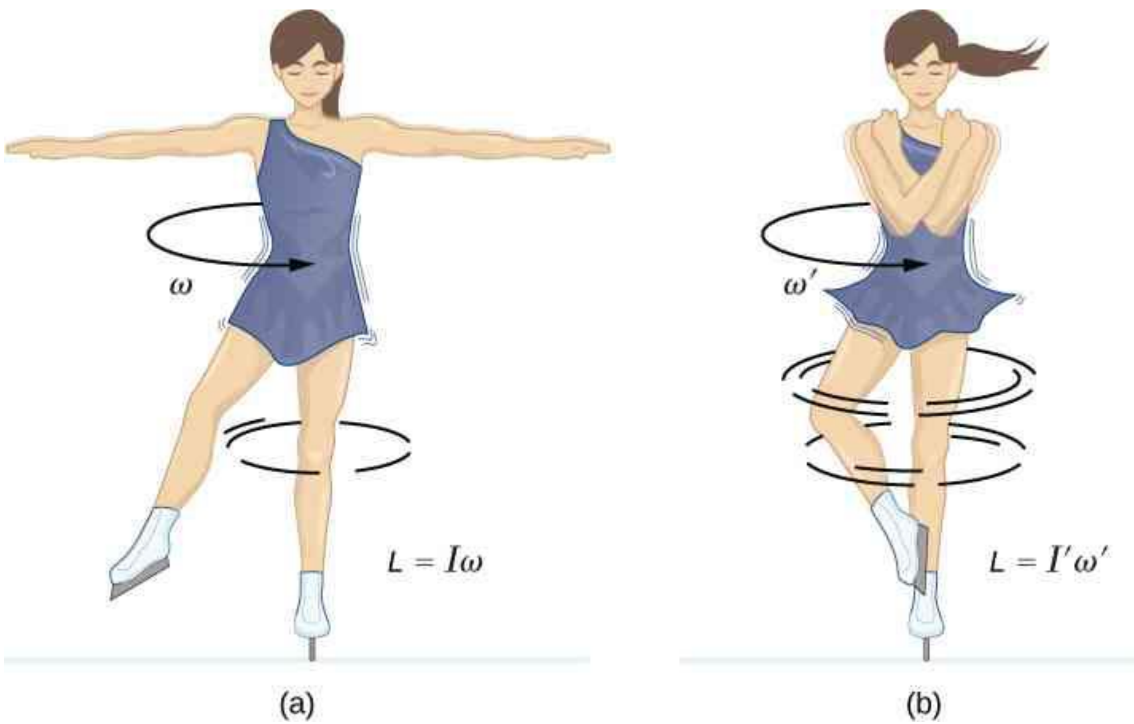
Walec pusty: $I = m \cdot r^2$

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{I\omega^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + \frac{mr^2 \cdot \frac{v^2}{r^2}}{2} = mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{gh}$$

ZASADA ZACHOWANIA MOMENTU PĘDU

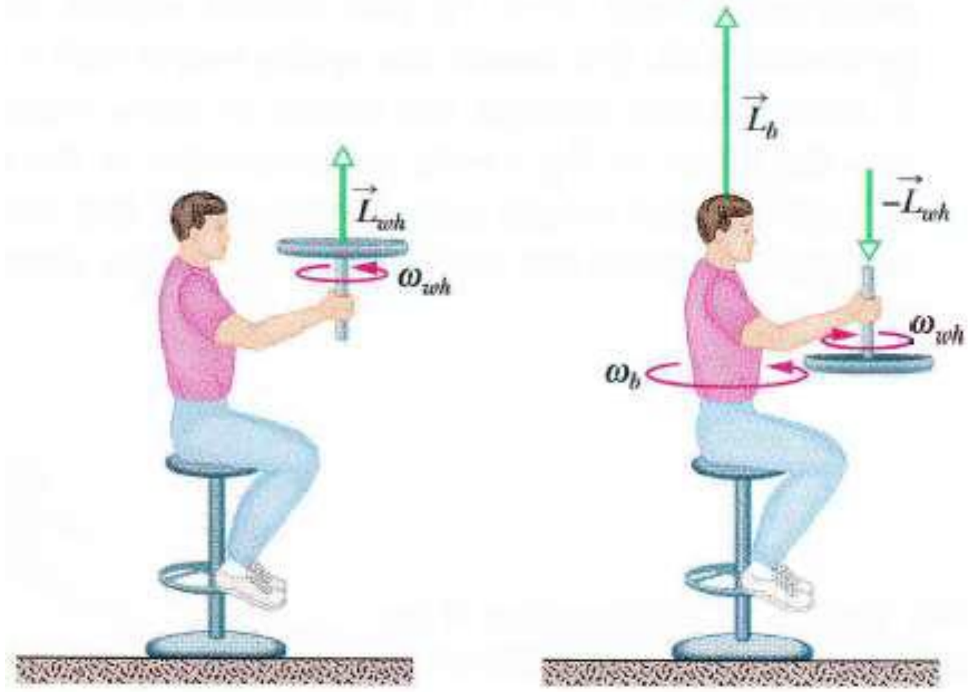
W inercjalnym układzie odniesienia, moment pędu układu cząstek wokół punktu jest zachowany, jeśli wypadkowy moment sił zewnętrznych względem tego punktu jest równy zero, stąd:

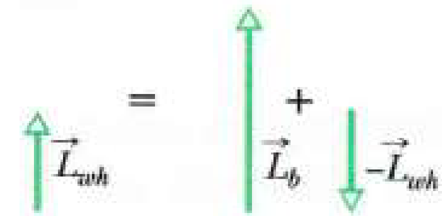
$$\vec{M} = 0 \Rightarrow \left(\frac{d\vec{L}}{dt} = 0 \right) \Rightarrow \boxed{\vec{L} = const\left(t\right)}$$



Rys. (a) Łyżwiarka wiruje na czubku łyżwy z rozłożonymi ramionami. Jej moment pędu jest zachowany, ponieważ wypadkowy moment sił działający na nią jest pomijalnie mały. (b) Jej szybkość obrotów znacznie wzrosła, gdy ściągnęła ramiona, zmniejszając swój moment pędu.

Przykład. Zasada zachowania momentu pędu



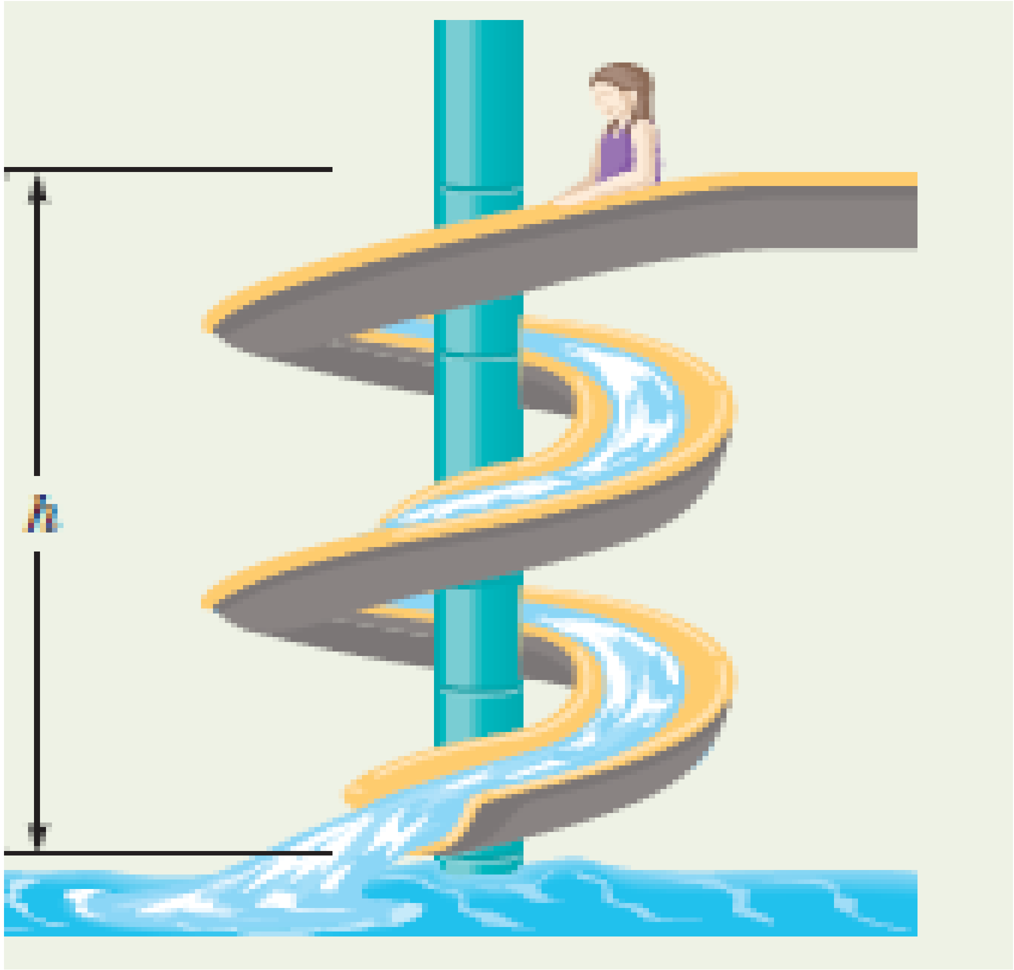


Rys. Moment pędu zamkniętego <u>układu</u> ciał względem dowolnego punktu nieruchomego jest stały.

•Podobnie: jeśli siły zewnętrzne dają moment względem nieruchomej <u>osi</u> równy zeru, to moment pędu ciała względem tej osi nie zmienia się podczas ruchu.

ENERGIA, PRACA I MOC

***„Słyszę i zapominam.
Widzę i pamiętam.
Robię i rozumiem."***
-Konfucjusz



Rys. Dziecko ześlizguje się ze zjeżdżalni wodnej o wysokości h.
Wyznacz prędkość dziecka na końcu zjeżdżalni.
Rys. źródło: **: -Halliday, Resnick,Walker „Fundamentals of Physics".**

Czym jest ENERGIA ?

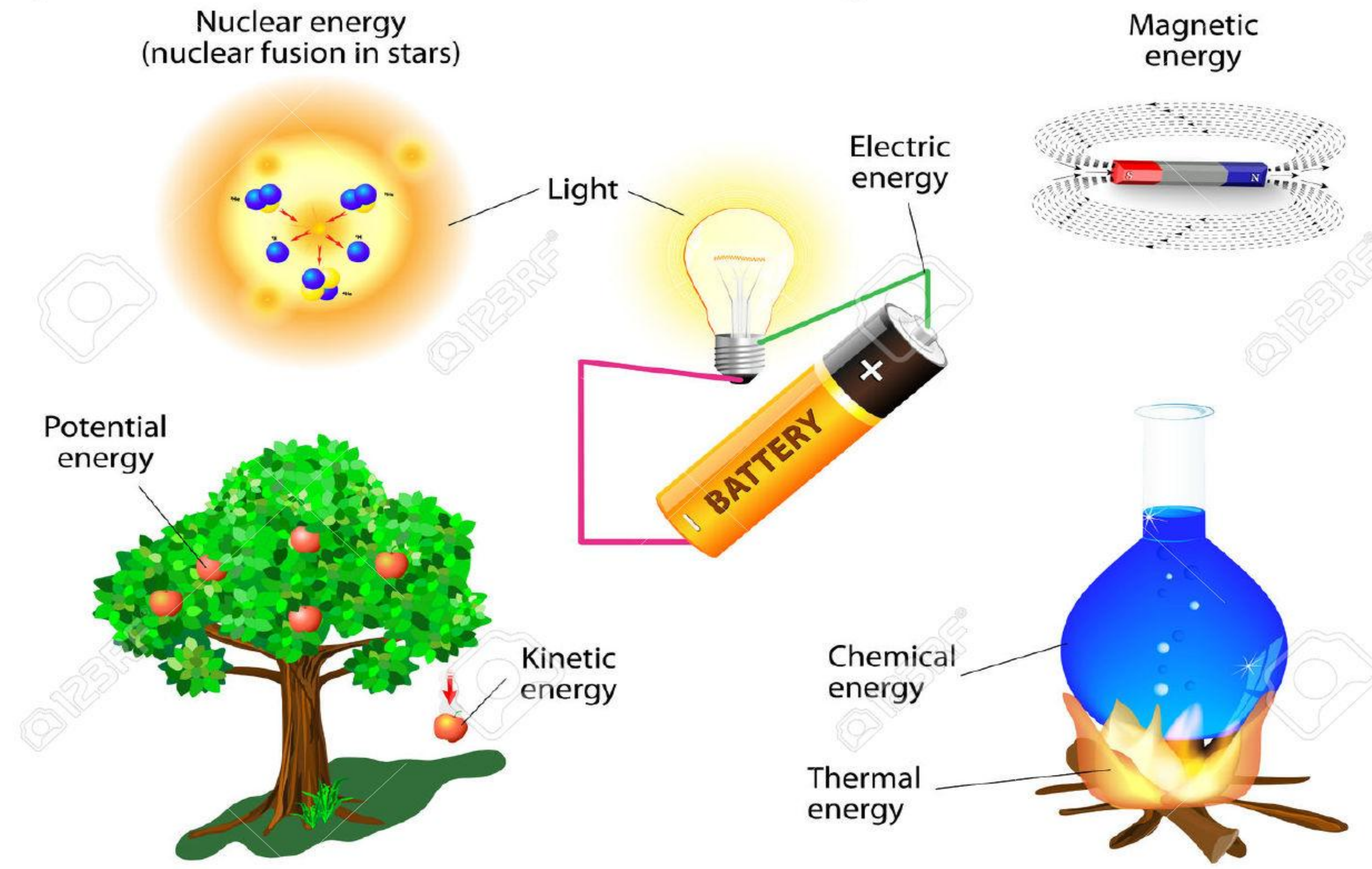
Skalarna wielkość fizyczna, charakteryzująca stan (lub własność) ciała lub układu ciał jako jego zdolność do wykonania pracy.

- **Energia może występować w różnych postaciach.**

Dla scharakteryzowania różnych rodzajów ruchu i różnych rodzajów oddziaływań między ciałami, wprowadzamy różne rodzaje energii: grawitacyjną, mechaniczną, sprężystą, cieplną, elektryczną, chemiczną, promienistą, jądrową i energię masy.

- Wzajemne **oddziaływanie** między ciałami (lub elementami jednego ciała) **powoduje zmianę energii** ciała, możemy więc opisywać to oddziaływanie jako **przekazywanie energii.**

FORMY ENERGII



Rys. źrófło: https://clipartfest.com/

FORMY ENERGII

Wszystkie formy energii należą do dwóch kategorii

KINETYCZNA

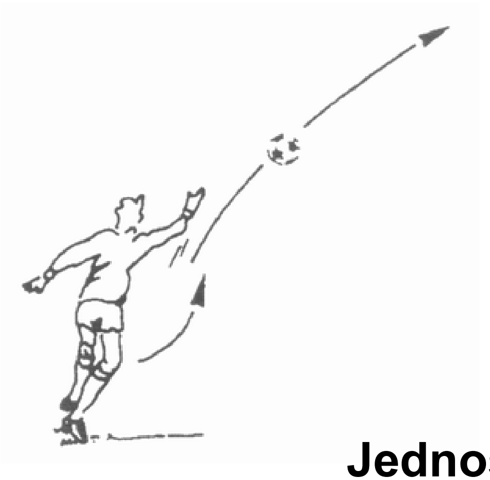
Energia związana z ruchem

(ruch fal, elektronów, atomów, cząsteczek i substancji)

POTENCJALNA

Związana z przechowywaniem energii lub lokalizacją ciała

(grawitacyjna, sprężystości)



Energia kinetyczna związana z ruchem ciała:

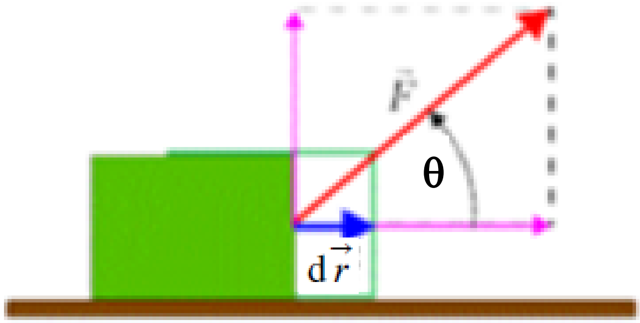
$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

Jednostką energii jest dżul (*1J*): 1 J = 1 kg m^2/s^2

ENERGIA I PRACA

W fizyce praca oznacza jedną z możliwych form energii. O pracy mówimy wtedy, gdy siła działająca na dane ciało powoduje jego przemieszczenie.

Nieskończenie mały przyrost pracy (energii) *dW związany z działaniem stałej siły* $\vec{F}$ *na małej drodze* $\mathrm{d}\vec{r}$



siła przyrost drogi

$$\mathrm{d}W = \vec{F} \cdot \mathrm{d}\vec{r} = \left|\vec{F}\right| \left|\mathrm{d}\vec{r}\right| \cos\theta.$$

Pracę całkowitą wyraża całka w postaci:

$$W_{AB} = \int_{\mathrm{droga}AB} \vec{F} \cdot \mathrm{d}\vec{r}. \qquad (*)$$

Siła wykonuje nad ciałem pracę.

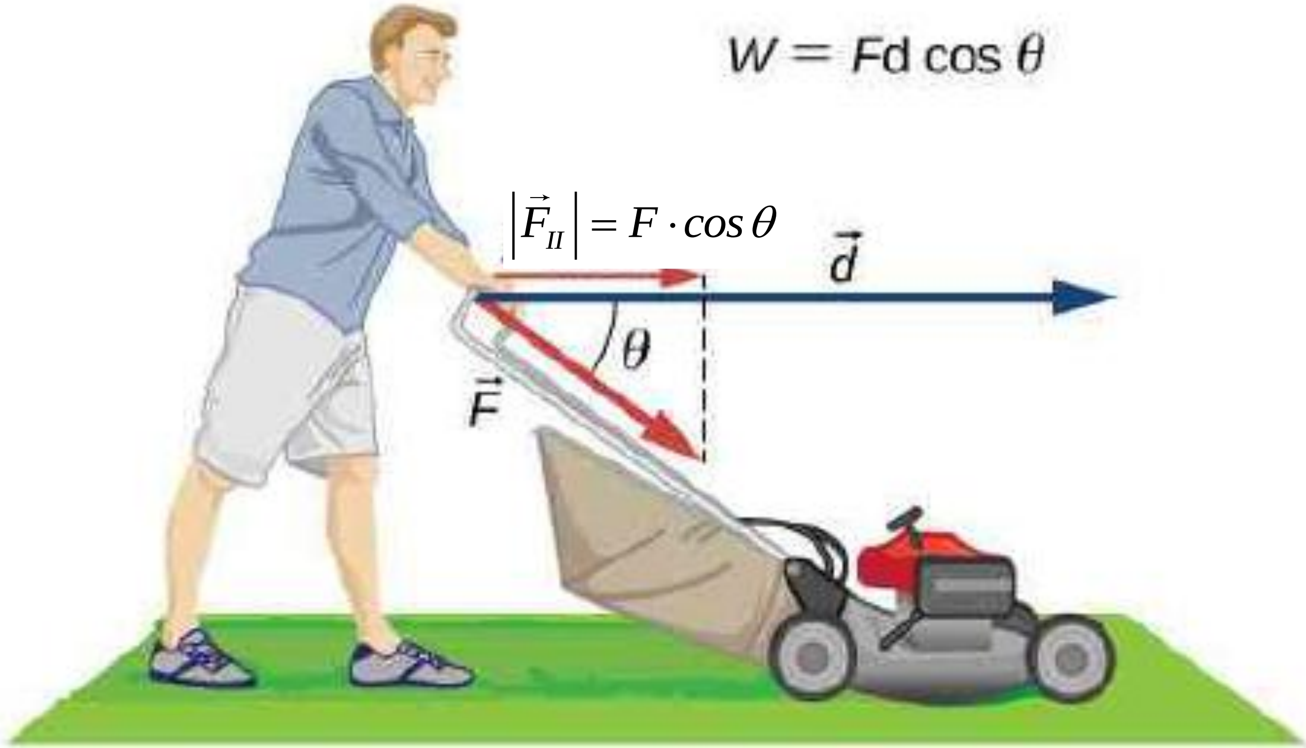
Jednostka **dżul : 1J = 1N ▪ 1m**

- Gdy energia jest przekazana ciału-praca jest dodatnia,
- Gdy energia jest ciału odebrana, praca jest ujemna.

Wskutek wykonanej nad ciałem pracy wzrasta jego prędkość od v_A do v_B czyli rośnie energia kinetyczna, następuje **zmiana energii**.

$$W = \vec{F}_{II} \bullet \Delta\vec{r} = F \cdot \cos\theta \cdot \Delta r$$

$$W = Fd\cos\theta$$



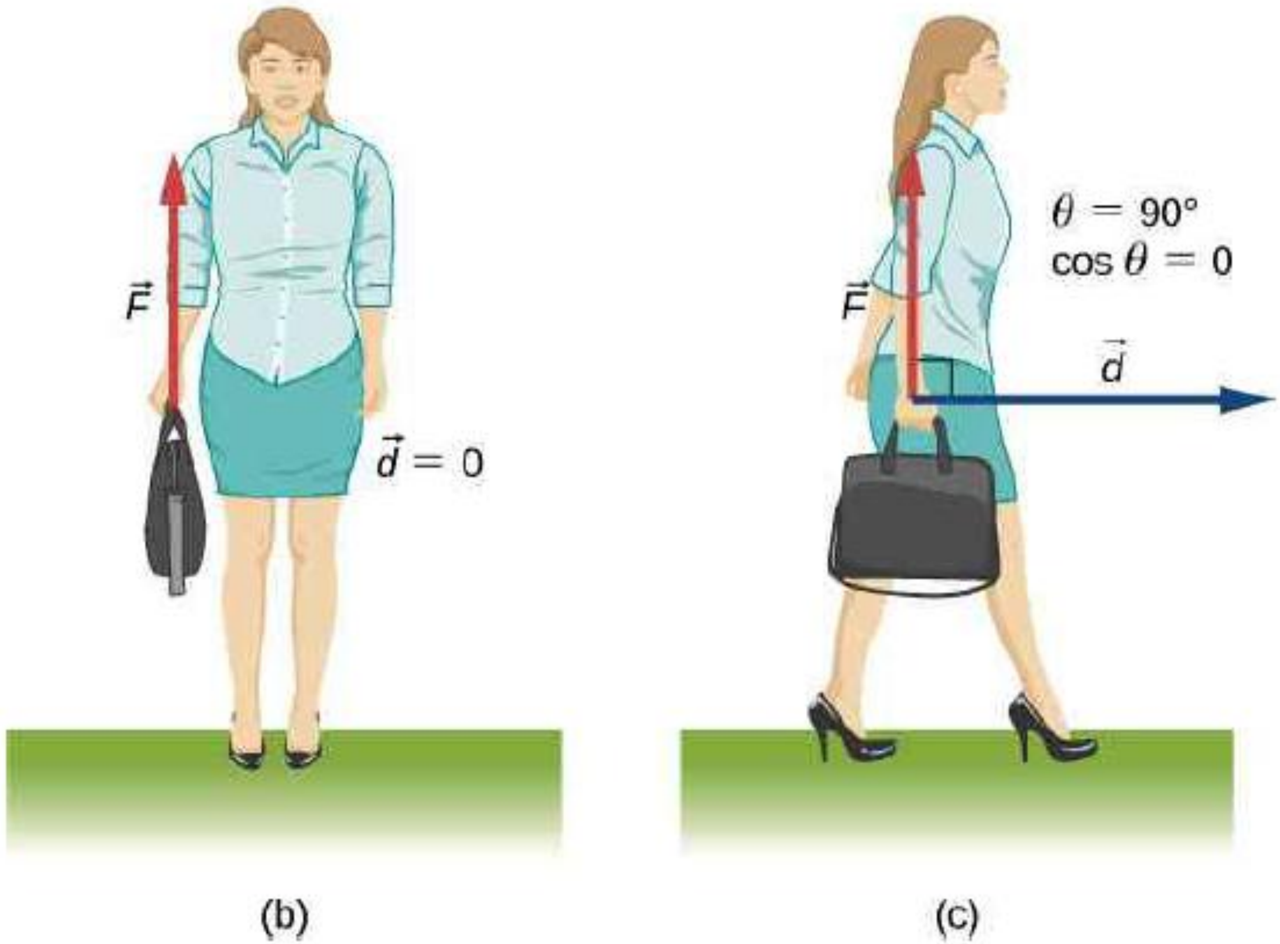
(a)

Rys. Praca siły stałej. (a) Osoba popycha kosiarkę ze stałą siłą. Składowa siły równoległa do przemieszczenia wykonuje pracę zgodnie z równaniem: $W = Fd\cos\theta$

Rys. źródło: „*Fizyka dla szkół wyższych* S. Ling, , J.Sanny, W. Moebs

PRACA

$$W = \vec{F}_{II} \bullet \Delta\vec{r} = F \cdot cos\,\theta \cdot \Delta r$$



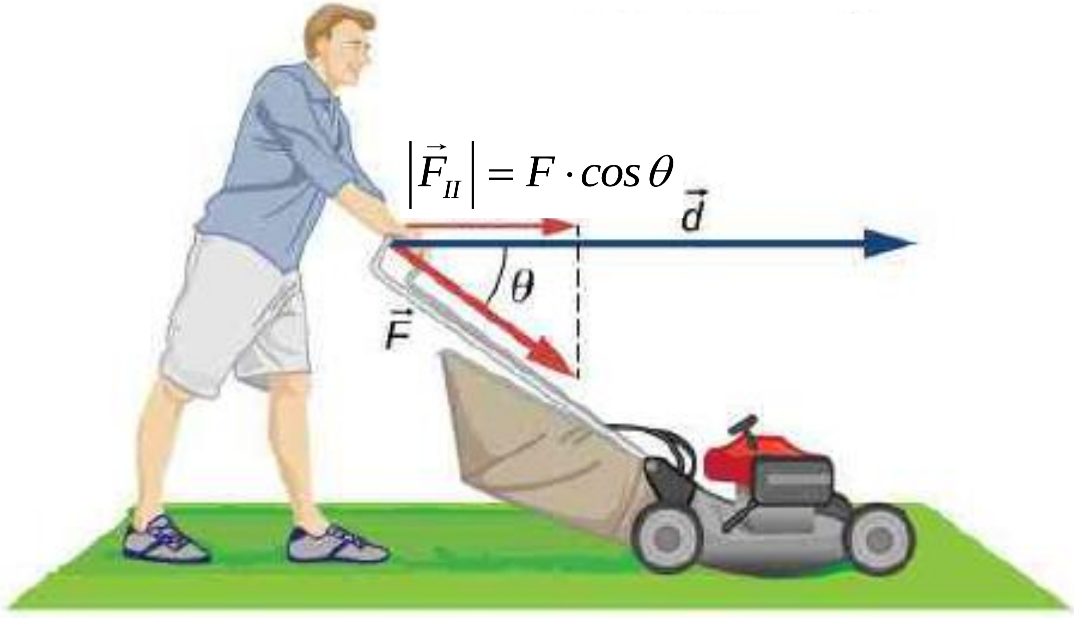
Rys. Praca siły stałej. (b) Osoba trzyma walizkę, nie wykonuje pracy, ponieważ przemieszczenie jest równe zero. (c) Osoba trzyma walizkę w ręce i przemieszcza się, praca W=0 ponieważ cos *θ* =*0*.

Rys. źródło: „*Fizyka dla szkół wyższych* S. Ling, , J.Sanny, W. Moebs

Przykład 4- praca

Znajdź wartość pracy wykonanej przy pchaniu kosiarki do trawy (Rysunek (a)) jeżeli mężczyzna przykłada siłę 75,0 N pod kątem 35^0 do poziomu na odcinku 25,0 m ?

$$W = \vec{F}_{II} \bullet \Delta\vec{r} = F \cdot \cos\theta \cdot d$$



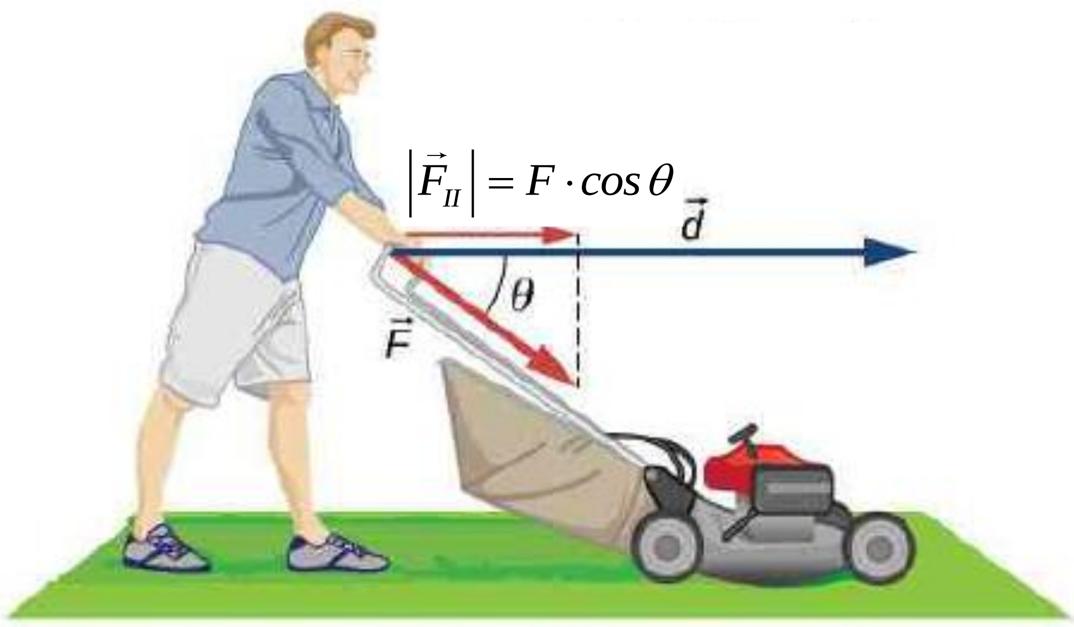
(a)

Rozwiązanie:

Przykład 4- praca

Znajdź wartość pracy wykonanej przy pchaniu kosiarki do trawy (Rysunek (a)) jeżeli mężczyzna przykłada siłę 75,0 N pod kątem 35^0 do poziomu na odcinku 25,0 m ?

$$W = \vec{F}_{II} \bullet \Delta\vec{r} = F \cdot \cos\theta \cdot d$$



(a)

Rozwiązanie:

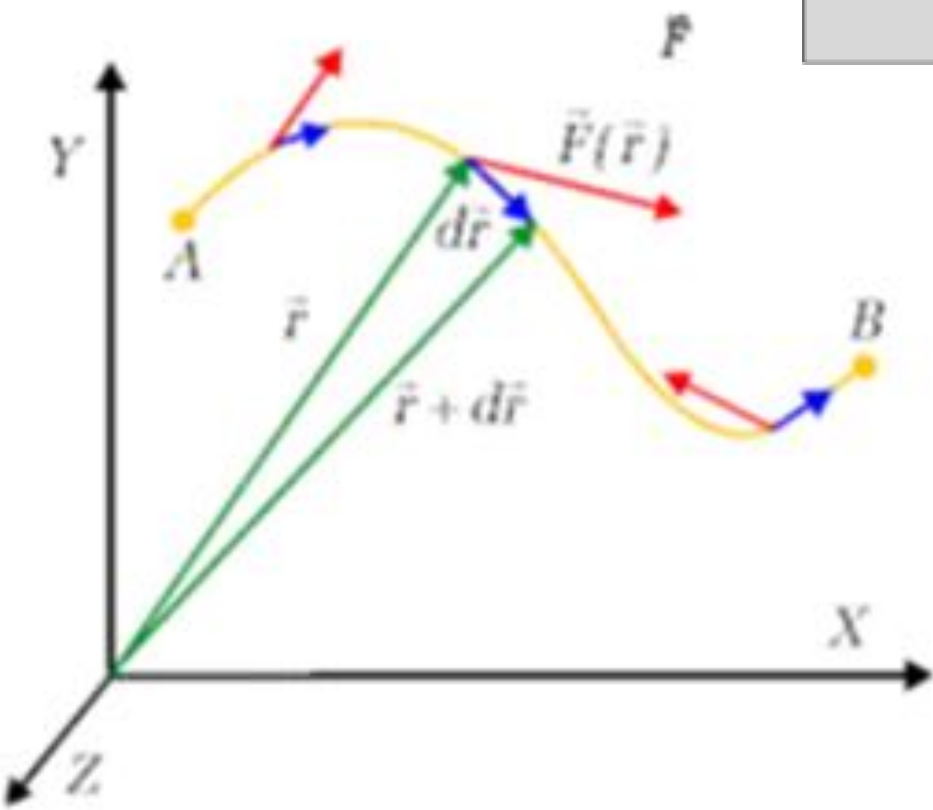
$$W = 75{,}0\,\mathrm{N} \cdot 25{,}0\,\mathrm{m} \cdot \cos 35{,}0^\circ = 1{,}54 \cdot 10^3\,\mathrm{J}.$$

Pomimo tego, że wartość ta wydaje się duża odpowiada to spaleniu ledwie 1/6 grama tłuszczu.

PRACA ZMIENNEJ SIŁY

W przypadku **zmiennej siły** o dowolnym kierunku względem przesunięcia oraz dowolnej trajektorii ruchu między punktami **A i B,** możemy uogólnić (*) :

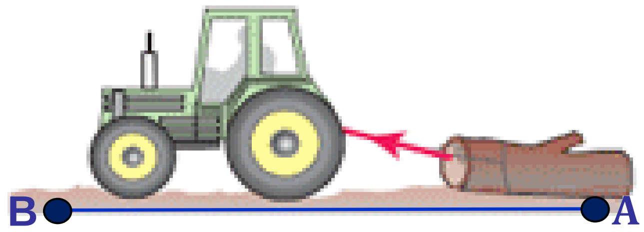
$$W = \lim_{\Delta x \to 0} \sum_{x_1}^{x_2} F \Delta x = \int_{x_1}^{x_2} F dx$$



$$W = \int_A^B \vec{F}(r) \cdot d\vec{r}$$

Jednostka **dżul : 1J = 1N ▪ 1m**

TWIERDZENIE O PRACY I ENERGI



Przekształćmy wzór stanowiący definicję pracy na odcinku od A do B:

$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F}_{wyp} \cdot d\vec{r} = \int_A^B m \cdot \overrightarrow{a} \cdot d\vec{r} = m \int_A^B \frac{d\vec{v}}{dt} \cdot d\vec{r} = m \int_{v_A}^{v_B} \frac{d\vec{r}}{dt} \cdot d\vec{v} =$$

$$= m \int_{v_A}^{v_B} \vec{v} \cdot d\vec{v} = m \cdot \frac{v^2}{2} \Bigg|_{v_A}^{v_B} = \frac{mv_B^2}{2} - \frac{mv_A^2}{2}$$

Zatem:

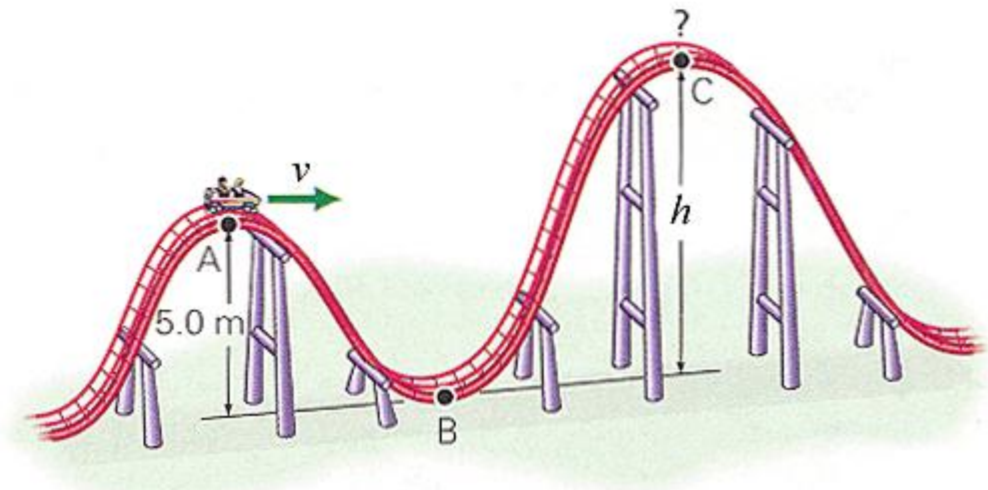
$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F}_{wyp} \cdot d\vec{r} = E_{kB} - E_{kA}$$

,gdzie

$$\boxed{E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}, \ [1J = kg\left(\tfrac{m}{s}\right)^2]}$$

Praca wykonana przez zewnętrzną siłę (wypadkową) na drodze od punktu A do punktu B równa się **przyrostowi energii kinetycznej ciała.**

- Energia kinetyczna jest więc tzw. **funkcją stanu** jego ruchu (zależy tylko od wartości początkowych i końcowych).

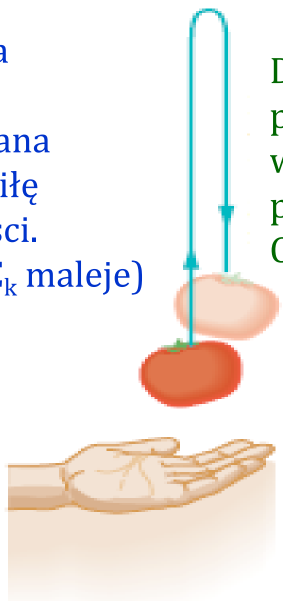


Rys. źródło: https://pl.pinterest.com

To energia zmagazynowana przez ciało lub układ ciał wskutek jego położenia. Gdy zmienia się konfiguracja ciała, może się również zmienić jego energia potencjalna E_p.

Jednym z rodzajów energii potencajnej jest **grawitacyjna energia potencjalna,** związana z odległością ciał przyciągających się siłą grawitacyjną (siłą ciężkości).

Ujemna praca wykonana przez siłę ciężkości. (gdyż E_k maleje)

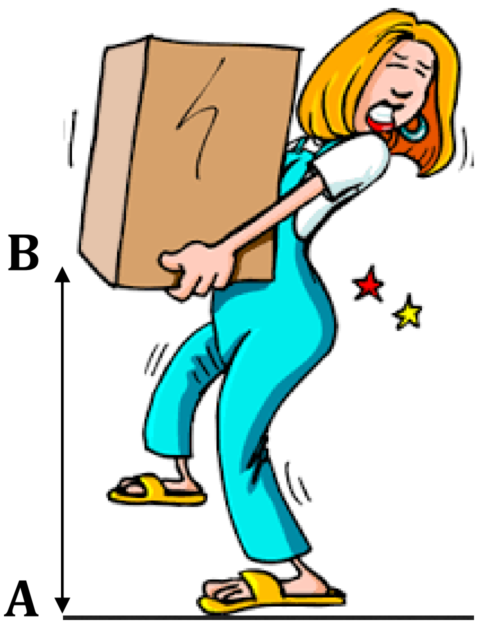


Dodatnia praca wykonana przez siłę Ciężkości.

Zmianę grawitacyjnej energii potencjalnej ΔE_p, definiujemy jako pracę wykonaną nad ciałem przez siłę ciężkości, wziętą z przeciwnym znakiem:

$$\Delta E_p = -W$$

Wyznaczenie energii potencjalnej



Musimy znaleźć ogólny związek między siłą a związaną z nią energią potencjalną.

Gdy siła wykonuje nad ciałem pracę ***W***:

$$\Delta E_p = -W$$

W przypadku ogólnym, gdy siła może zależeć od położenia, praca ***W*** :

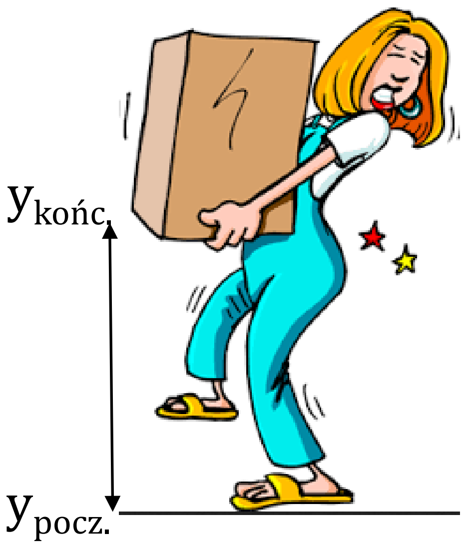
$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F}(r) \cdot d\vec{s}$$

Podstawiając (5.21) do (5.20), wyznaczymy zmianę energii potencjalnej układu związaną ze zmianą jego konfiguracji:

$$\boxed{\Delta E_p = -\int_{\mathbf{A}}^{\mathbf{B}} F(x)\mathrm{d}x}$$

Jest to poszukiwane wyrażenie ogólne.

A) Grawitacyjna energia potencjalna



Rozważmy masę m poruszającą się pionowo do góry. Siła ciężkości działa w pionie , stąd całkować będziemy wzdłuż osi y., a F =-mg . Zatem mamy:

$$\Delta E_p = -\int_{y_{pocz.}}^{y_{końc.}} (-mg)\,dy = mg\int_{y_{pocz.}}^{y_{końc.}} dy = mg\Big[\,y\,\Big]_{y_{pocz.}}^{y_{końc.}},$$

$$\Delta E_p = mg\,\Delta y.$$

Grawitacyjna energia potencjalna :

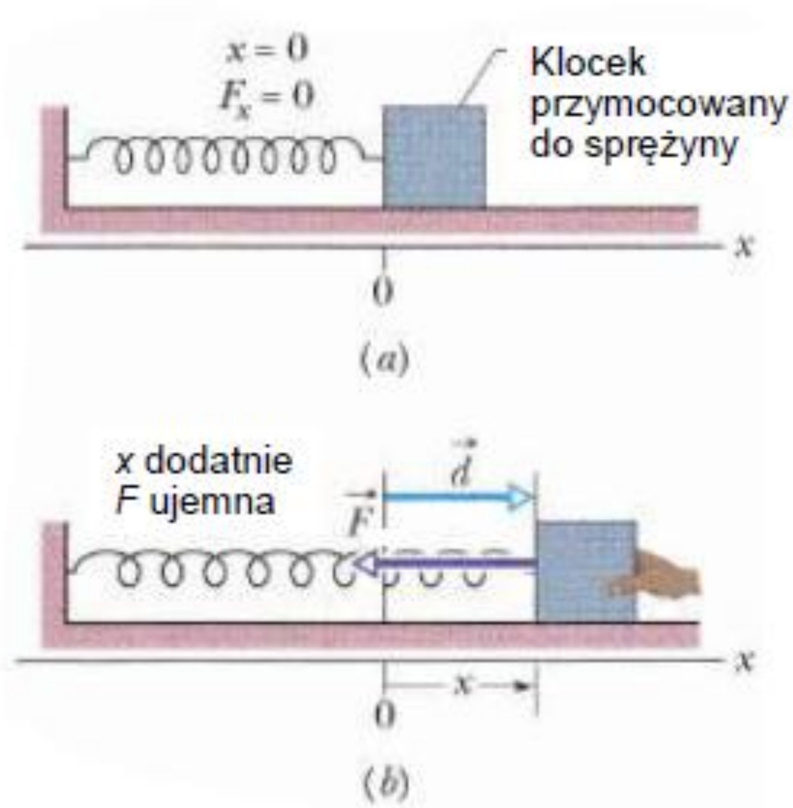
$$\boxed{E_p(y) = mgy}$$

WN.: *Grawitacyjna energia potencjalna układu masa-Ziemia zależy jedynie od położenia y masy w pionie, liczonego względem punktu odniesienia $y_{pocz} = 0$.

** Nie zależy od jej położenia w poziomie.

Energia potencjalna- przypadki szczególne:

B) Energia potencjalna sprężystości



$$W = \int_{x_{pocz}}^{x_{końc}} F \mathrm{d}x$$

$$W = \int_{x_{pocz}}^{x_{końc}} (-kx) \mathrm{d}x = -k \int_{x_{pocz}}^{x_{końc}} x \mathrm{d}x =$$

$$= (-\frac{1}{2}k) x^2 \Big|_{x_{pocz}}^{x_{końc}} = \frac{1}{2}kx_{pocz}^2 - \frac{1}{2}kx_{końc}^2$$

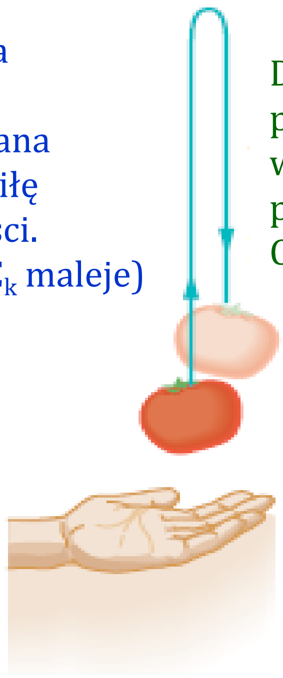
$$\text{gdy } x_{pocz} = 0, \quad W = -\frac{1}{2}kx^2$$

Zatem: $$\boxed{E_p(x) = \frac{1}{2}kx^2}$$

Zauważmy, że wartość energii potencjalnej nie zależy do tego, czy sprężyna jest ściśnięta, czy rozciągnięta.

Siły zachowawcze : niezależność pracy od drogi

Ujemna praca wykonana przez siłę ciężkości. (gdyż E_k maleje)



Dodatnia praca wykonana przez siłę Ciężkości.

Gdy w układzie działa siła, która wykonując pracę nad ciałem powoduje zamianę energii kinetycznej na potencjalną i przy zmianie konfiguracji siła wykonuje pracę zamieniając energię potencjalną w energię kinetyczną, to taką siłę nazywamy **siłą zachowawczą**.

Całkowita praca wykonana przez siłę zachowawczą nad cząstką poruszającą się po drodze zamkniętej jest równa zeru:

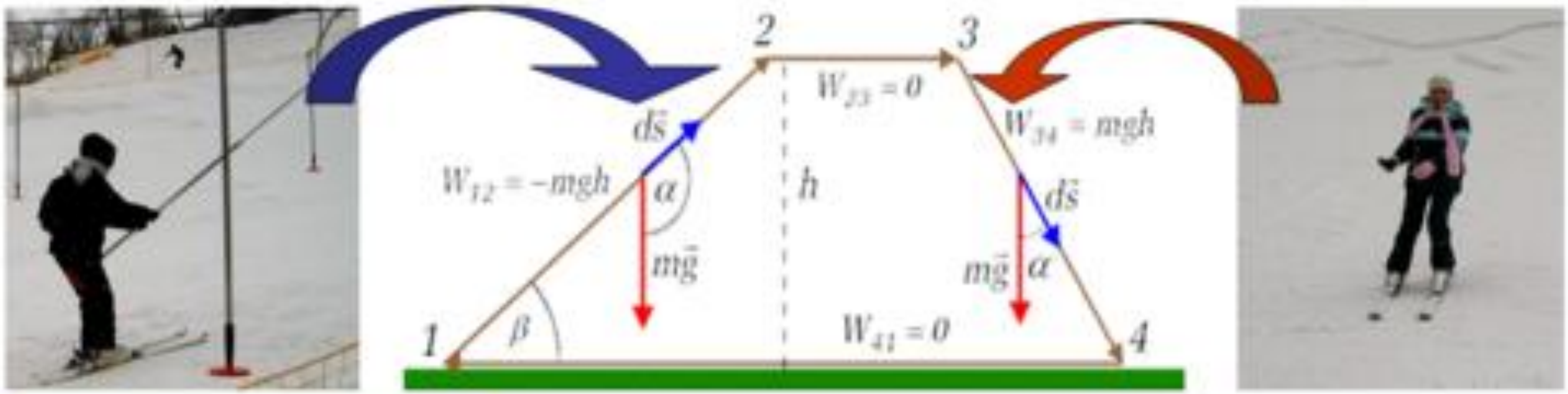
$$\boxed{\oint \vec{F} \cdot d\vec{s} = 0} \qquad (*)$$

Wniosek:

Praca wykonana przez siłę zachowawczą nie zależy od drogi po jakiej porusza się cząstka.

Siły zachowawcze c.d.

- Przykładem sił zachowawczych są siły grawitacyjne (rys.) lub elektrostatyczne.



Praca sił grawitacji na odcinku drogi s_{12} (tj. od p-tu 1 do p-tu 2):

$$W_{12} = m \cdot g \cdot s_{12} \cdot \cos\alpha = -m \cdot g \cdot s_{12} \overbrace{\sin\beta}^{h/s_{12}} = -m \cdot g \cdot h$$

Praca nie zależy od kąta nachylenia stoku, a jedynie od różnicy wysokości.

Sumaryczna praca w cyklu zamkniętym:

$$W_{sum} = \overbrace{W_{12}}^{-mgh} + \overbrace{W_{23}}^{0} + \overbrace{W_{34}}^{+mgh} + \overbrace{W_{41}}^{0} = 0$$

Siły spełniające ten warunek, to **siły zachowawcze.**

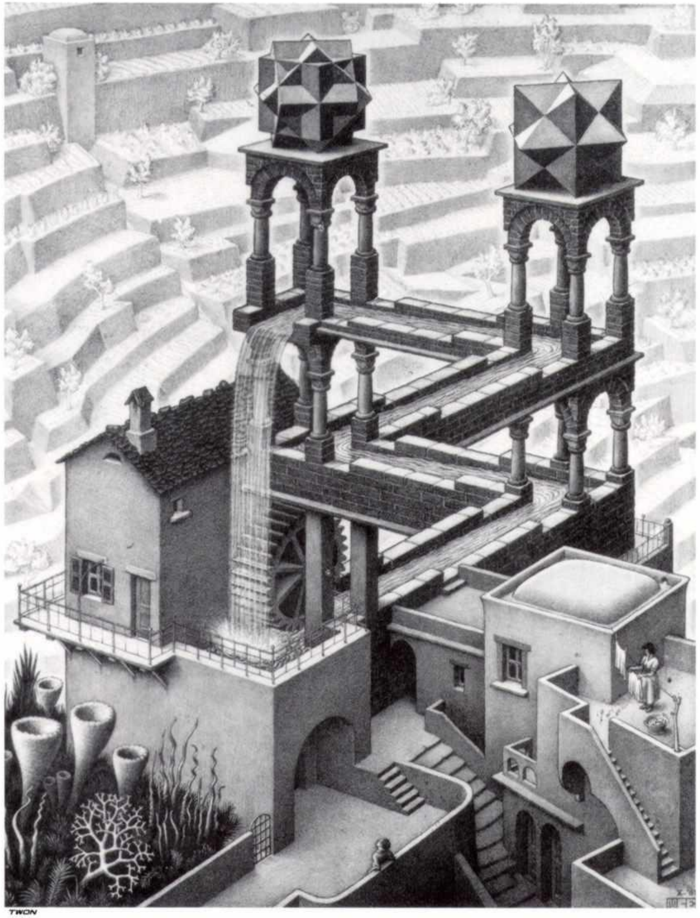
Sumaryczna praca sił grawitacji w cyklu zamkniętym równa jest zeru.

Siły dyssypatywne

Siłę nie spełniającą warunku (*) nazywamy ***siłą dyssypatywną*** lub ***rozpraszającą.***

Siły oporów ruchu skierowane są zawsze przeciwko ruchowi. Ich praca ma znak ujemny w czasie całego ruchu, a sumaryczna praca po torze zamkniętym nie jest równa zeru.

ZASADA ZACHOWANIA ENERGII MECHANICZNEJ



$$E_{mech} = E_k + E_p$$

Gdy działa siła zachowawcza, to

$$\Delta E_k = -\Delta E_p$$

$$\boxed{\Delta E_{mech} = \Delta E_k + \Delta E_p = 0}$$

W układzie izolowanym, suma energii mechanicznej (kinetycznej i potencjalnej ruchu postępowego i ruchu obrotowego) wszystkich ciał tworzących układ zamknięty jest stała.

➢Praca wykonana nad układem przez siłę zewnętrzną

Praca jest równa energii przekazanej układowi lub odebranej od niego przez siłę zewnętrzną działającą na ten układ.

brak tarcia: $W = \Delta E_k + \Delta E_p$

tarcie: $W = \Delta E_{mech} + \Delta E_{term}$

Zmiana całkowitej energii E układu jest równa energii dostarczonej do układu lub od niego odebranej.

$$\boxed{W = \Delta E = \Delta E_{mech} + \Delta E_{term} + \Delta E_{wewn}}$$

Zasada zachowania energii

Układ izolowany

Jeżeli na układ nie działa żadna siła zewnętrzna, a ciała w układzie oddziałują jedynie siłami grawitacji lub sprężystości, to całkowita energia mechaniczna tego układu jest stała.

$$E_{mech} = E_k + E_p = const$$

Ogólna zasada zachowania energii:

$$\Delta E = \Delta E_{mech} + \Delta E_{term} + \Delta E_{wewn} = 0$$

Całkowita energia układu odosobnionego i zachowawczego jest stała.

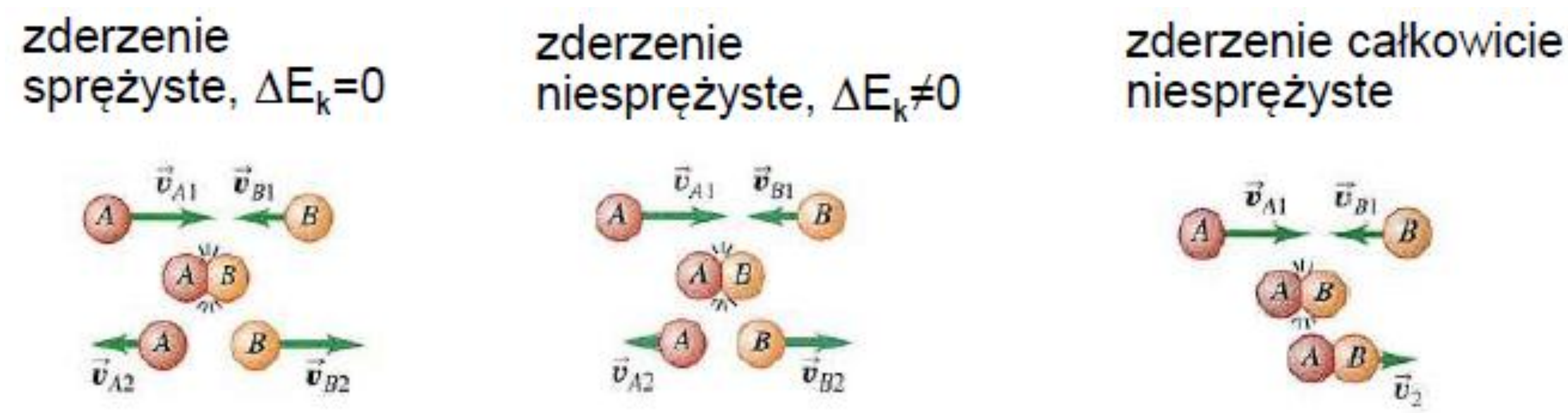
Suma wszystkich rodzajów energii w układzie

Układ, który nie wymienia energii z otoczeniem

Pęd i energia kinetyczna podczas zderzeń

- Gdy w czasie zderzenia energia kinetyczna ciała jest zachowana, takie zderzenie nazywamy zderzeniem sprężystym.

- Gdy energia kinetyczna nie jest zachowana, zderzenie nazywamy zderzeniem niesprężystym.



Jak powiązać pracę z czasem ?

Wartość pracy wykonanej w przedziale czasu, to **moc średnia**:

$$P_{sr} = \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

Nieskończenie mała praca wykonana w nieskończenie krótkim czasie, to **moc chwilowa**:

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{\vec{F} \cdot d\vec{r}}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{\upsilon}$$

Jednostką mocy w układzie SI jest **wat** **1W = 1J/s**

W technice często moc wyrażana jest za pomocą jednostki **koń mechaniczny: 1 KM ≈ 735,5 W**

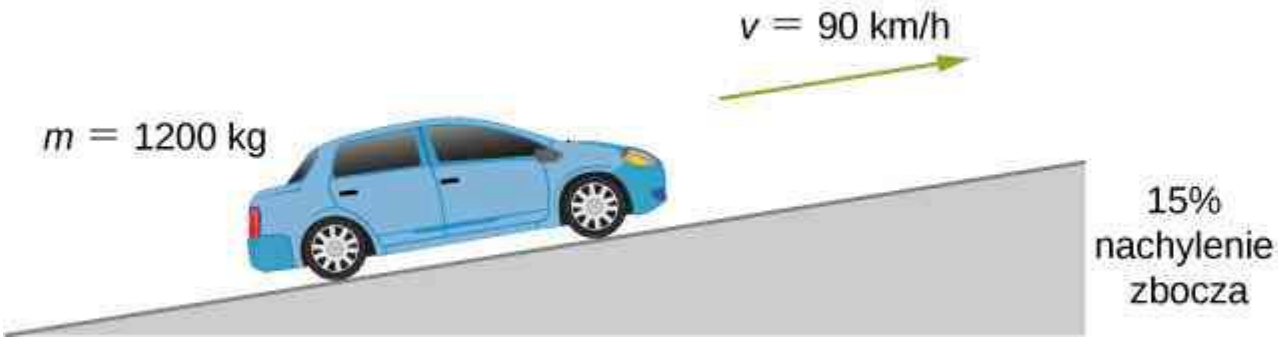
Kilowatogodzina

$$1\ \mathrm{kW} \cdot \mathrm{h} = (10^3\ \mathrm{J/s})(3600\ \mathrm{s}) = 3.6 \times 10^6\ \mathrm{J} = 3.6\ \mathrm{MJ}$$

Przykład 5- Moc samochodu poruszającego w górę zbocza

Jaka musi być minimalna moc silnika samochodu o masie 1200 kg, aby wjechać pod gorę zbocza o nachyleniu 15% ze stałą prędkością 90 km/h ?

Przyjmij, że 25% mocy samochodu jest wykorzystywane do przeciwdziałania siłom oporu ruchu.



Odp.: $P = 59,330kW \approx 79,6KM$

(L.4._samodzielnie:)

Dziękuję za uwagę !