



FIZYKA Z ELEMENTAMI FIZYKI RADIACYJNEJ I | WYKŁAD 4

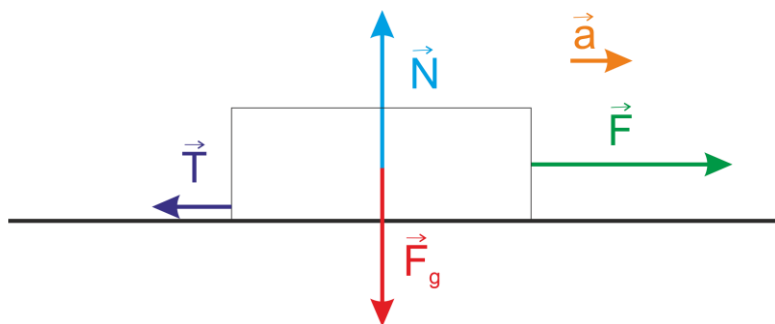
Energia, praca, moc

dr inż. Katarzyna Gwóźdź

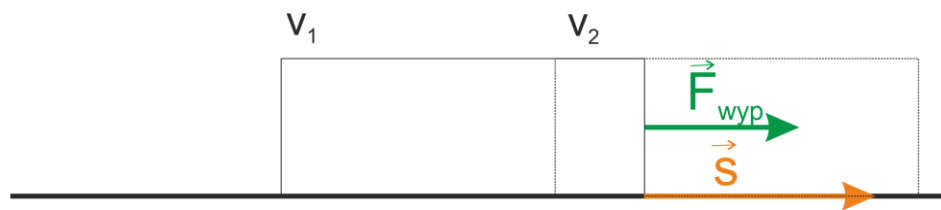
Inne spojrzenie na siłę

Skutki działania siły:

- Zmiana ruchu (dynamika)
- Zmiana stanu energetycznego układu



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



$$W = \vec{F} \cdot \vec{r} = \Delta E_k = \frac{m}{2}(v_2^2 - v_1^2)$$

Energia

Zdolność układu do wykonywania pracy

Występuje
w różnych
postaciach

Addytywna

Zasada
zachowania
energii

Jednostka
dżul (J)



ENERGIA CHEMICZNA
PALIWA



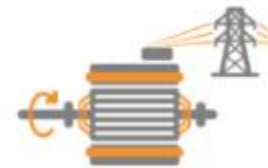
ENERGIA CIEPLNA
SPALIN



ENERGIA CIEPLNA
I CIŚNIENIE
PARY



ENERGIA MECHANICZNA
WAŁU TURBINY



ENERGIA ELEKTRYCZNA

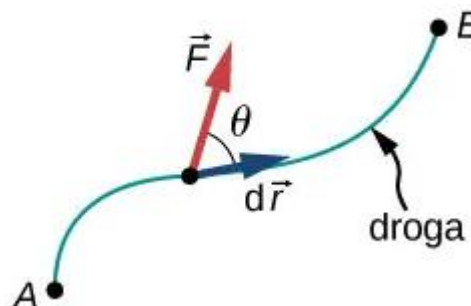
<https://nukleo.pl/rozdzial/co-to-jest-elektrownia/>

Praca

Jedna z form energii, gdy siła działająca na ciało powoduje jego przemieszczenie. Energia przekazana ciału w wyniku działania siły.

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{r} = |\vec{F}| |d\vec{r}| \cos \theta$$

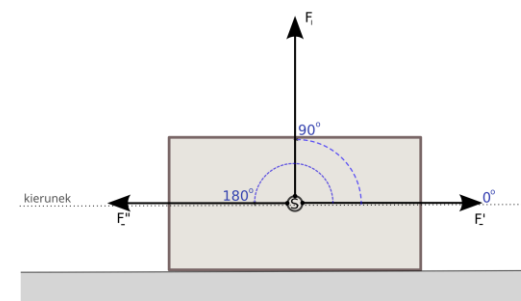
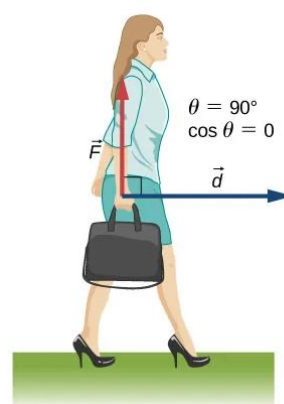
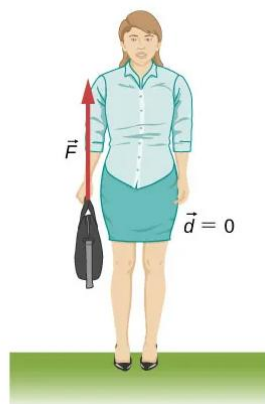
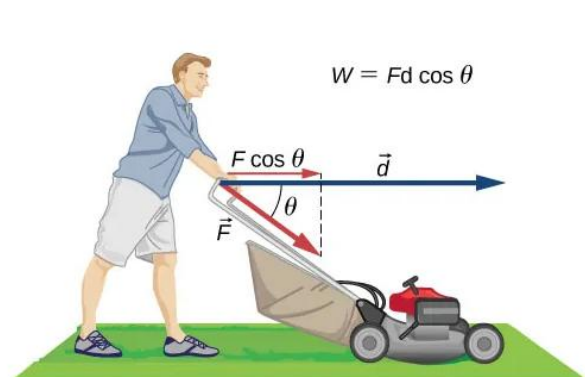
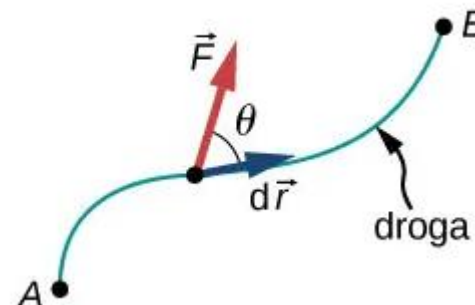
$$W_c = \int_{\text{droga}AB} \vec{F} \cdot d\vec{r}$$



Praca

$$W_c = \int_{\text{droga}AB} \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{r} = \vec{F} \cdot \int_A^B d\vec{r} = \vec{F} \cdot (\vec{r}_B - \vec{r}_A) = |\vec{F}| |\vec{r}_B - \vec{r}_A| \cos \theta$$



<https://openstax.org/books/fizyka-dla-szk%C3%B3%C5%82-wy%C5%BCszych-tom-1/pages/7-1-praca>

Autorstwa MonteChristof z polskiej Wikipedii,
CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8840992>

Energia kinetyczna

Energia związana ze stanem ruchu ciała

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

$$E_k = \frac{p^2}{2m}$$

Powiązanie z pracą:

$$\Delta E_k = E_{k_2} - E_{k_1} = W$$

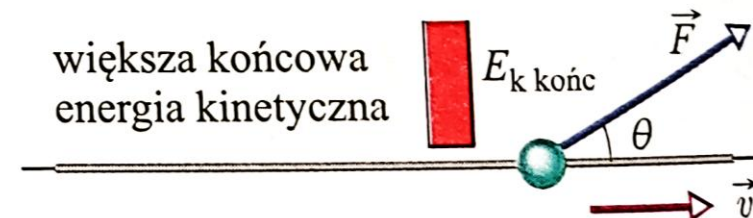
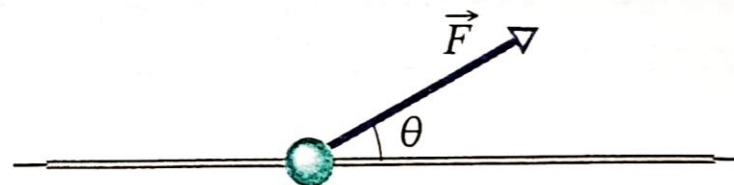
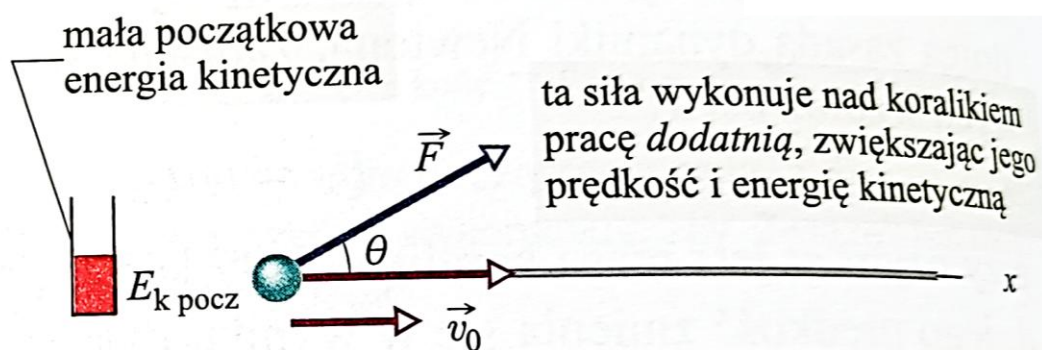
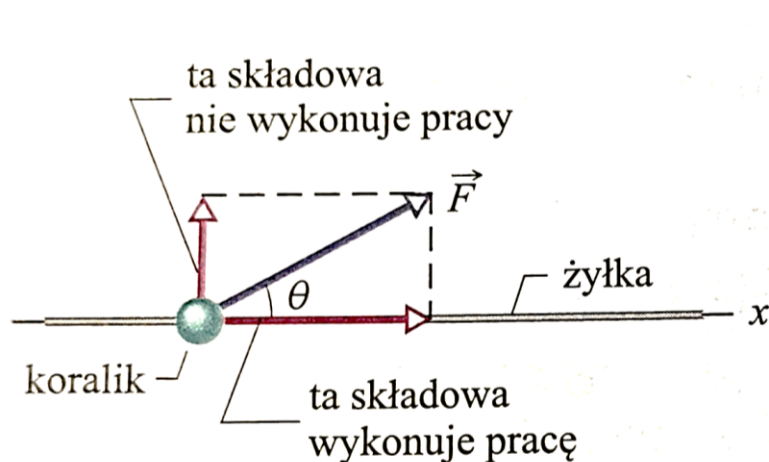
$$E_{k_2} = E_{k_1} + W$$

Energia kinetyczna

Powiązanie z pracą:

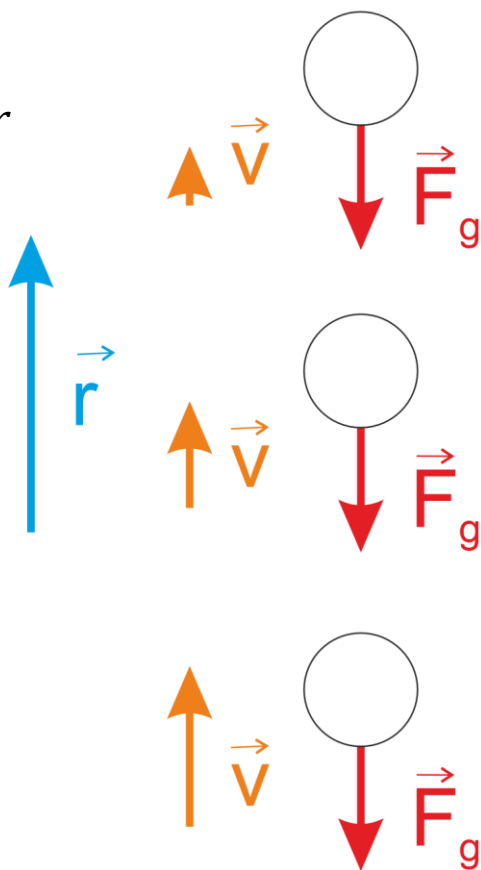
$$E_{k_2} = E_{k_1} + W$$

$$\Delta E_k = E_{k_2} - E_{k_1} = W$$

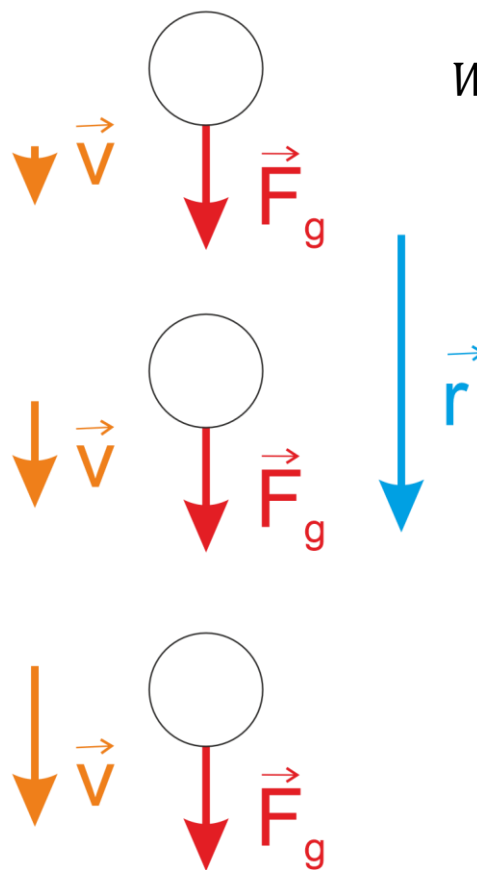


Praca – siła ciężkości

$$W_g = -mgr$$

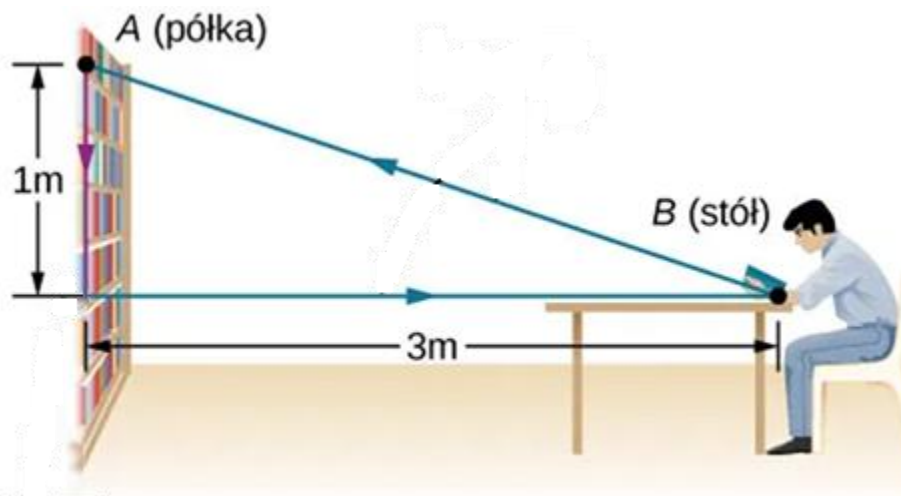


$$W_g = +mgr$$



Praca – siła ciężkości

Praca siły grawitacji działającej na krzywej zamkniętej wynosi 0. Jest to siła zachowawcza.



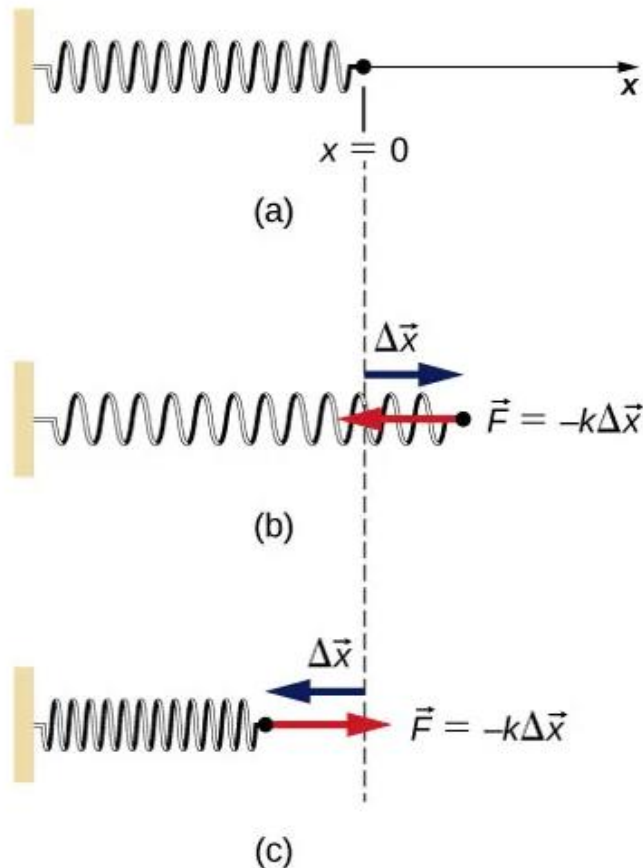
Jeśli $\Delta r = 0$, to
 $W = 0$

<https://openstax.org/books/fizyka-dla-szk%C3%B3%C5%82-wy%C5%BCszych-tom-1/pages/7-1-praca>

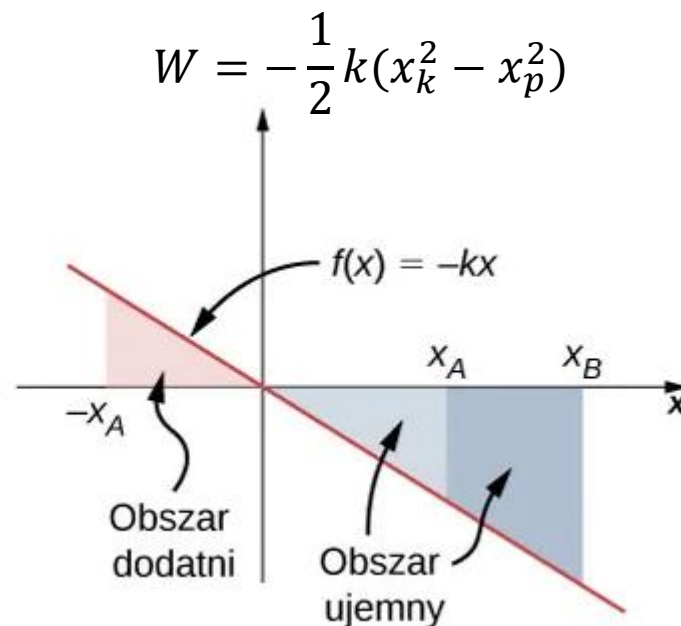
Praca – siła sprężystości

Prawo Hooke'a:

$$\vec{F}(x) = -k\Delta\vec{x}$$
$$\Delta\vec{x} = \vec{x} - \vec{x}_{\text{równowagi}}$$

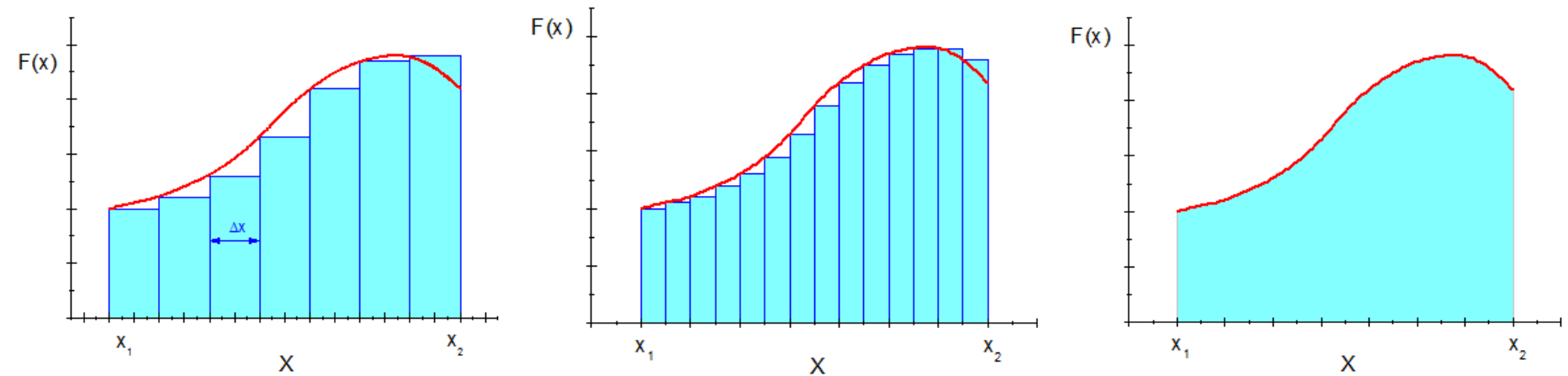


$$W = \int_{x_p}^{x_k} -kx dx = -k \int_{x_p}^{x_k} x dx = -\frac{1}{2}k[x^2]_{x_p}^{x_k}$$



Praca – dowolna siła zmienna

<https://galaxy.agh.edu.pl/~kakol/efizyka/w07/main07b.html>



$$W \cong \sum \Delta W_j = \sum F_{j\acute{s}r} \Delta x$$

$$W = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \sum F_{j\acute{s}r} \Delta x = \int_{x_p}^{x_k} F(x) dx$$

Praca – analiza w 3D

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

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

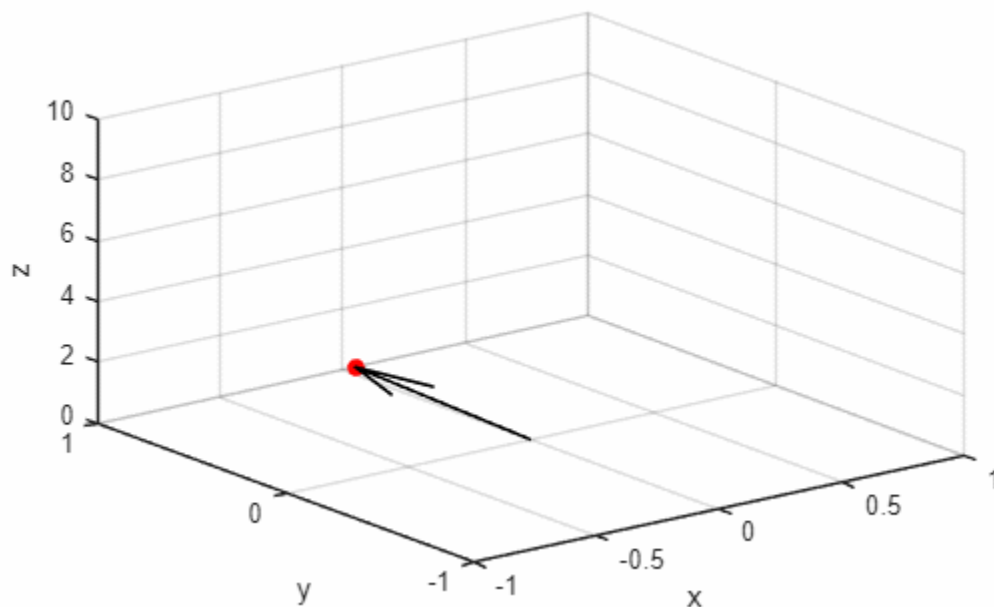
$$v_y = e^{-\frac{t}{10}} (-5 \sin(5t) - \frac{1}{10} \cos 5t)$$

$$v_z = 1$$

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

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

$$a_z = 0$$

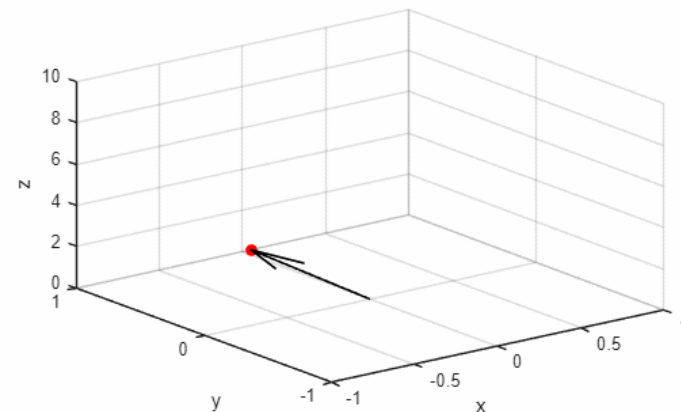


Praca – analiza w 3D

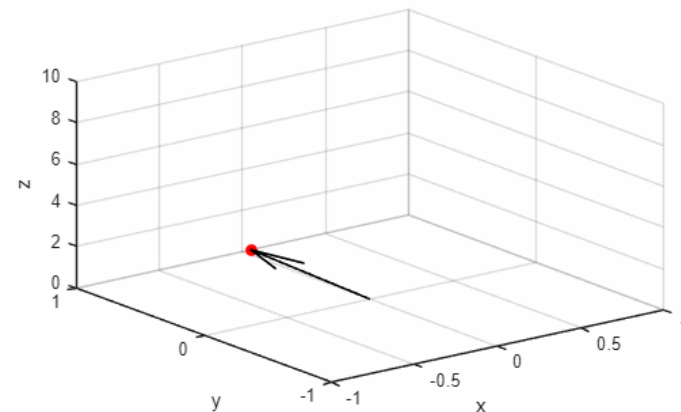
Znane:

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

Szukane: W



Praca – analiza w 3D



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

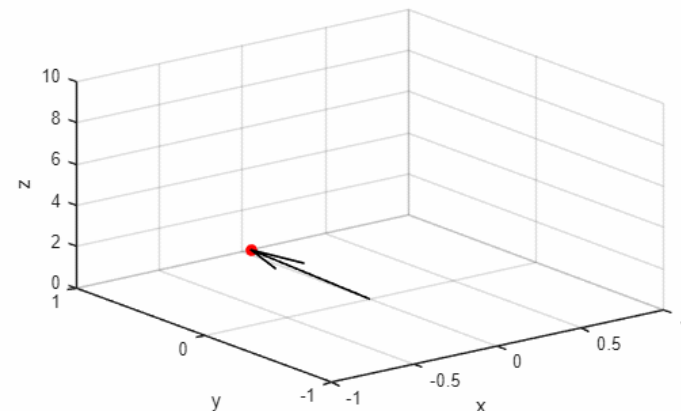
$$W = \int \vec{F} d\vec{r} = \int m \vec{a} \vec{v} dt = m \int \vec{a} \vec{v} dt$$

$$\begin{aligned} W &= m \int_{t_p}^{t_k} \vec{a} \vec{v} dt = m \int_{t_p}^{t_k} \frac{d\vec{v}}{dt} \vec{v} dt = \\ &= m \int_{t_p}^{t_k} \vec{v} d\vec{v} = \left[\frac{m \vec{v}^2}{2} \right]_{\vec{v}(t_p)}^{\vec{v}(t_k)} = \frac{m \vec{v}_k^2}{2} - \frac{m \vec{v}_p^2}{2} = \\ &= \frac{m}{2} (\vec{v}_k^2 - \vec{v}_p^2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \vec{F}(t) &= m \vec{a}(t) \\ d\vec{r}(t) &= \vec{v}(t) dt \end{aligned}$$

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$$

Praca – analiza w 3D



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

$$\begin{aligned} W &= \frac{m}{2} (\vec{v}_k^2 - \vec{v}_p^2) = \\ &= \frac{m}{2} (v_{kx}^2 + v_{ky}^2 + v_{kz}^2 - v_{px}^2 - v_{py}^2 - v_{pz}^2) = \\ &= \frac{m}{2} (v_{kx}^2 - v_{px}^2) + \frac{m}{2} (v_{ky}^2 - v_{py}^2) + \frac{m}{2} (v_{kz}^2 - v_{pz}^2) = \\ &= W_x + W_y + W_z \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \vec{v}^2 &= |\vec{v}|^2 = \\ &= v_x^2 + v_y^2 + v_z^2 \end{aligned}$$

Dla $t_p = 0 \quad t_k = 1000 \quad m = 1$

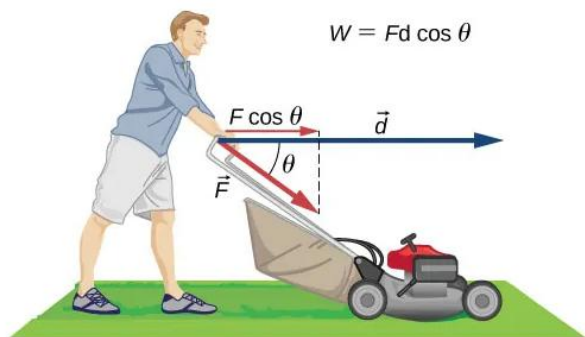
$$W = -1250,5$$

Praca jest ujemna – siła przeciwdziała ruchowi, cząstka traci energię.

Moc

Szybkość z jaką siła wykonuje pracę

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



$$P = \vec{F} \cdot \vec{v} = Fv \cos \theta$$

Moc

Szybkość z jaką siła wykonuje pracę



750 W



3000 W

Energia potrzebna
do zagotowania 0,5 l wody:

$$E \sim 170 \text{ kJ}$$

$$t = \frac{W}{P}$$

$$t_1 \approx 227 \text{ s} = 3 \text{ min } 47 \text{ s}$$

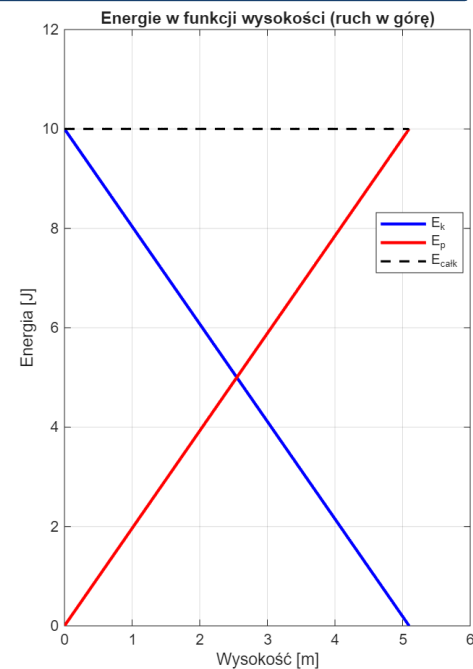
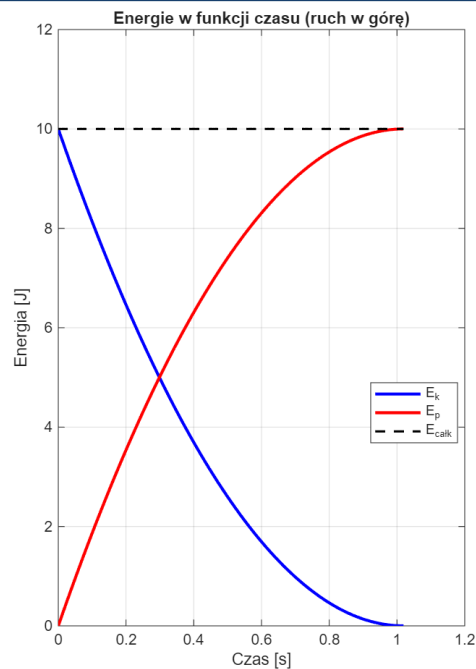
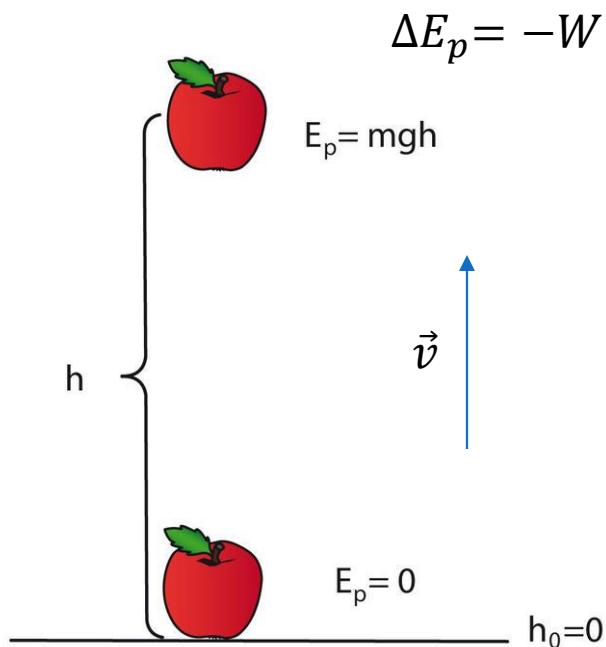
$$t_2 \approx 57 \text{ s}$$

https://encrypted-tbn1.gstatic.com/shopping?q=tbn:ANd9GcQXG7hftYCEBwAWM_3lIxpckzlhBGetqOWMFBjyUBB_ZsMmL5r721hDFbAcpuRx0je-cxOw3RTaSa2S5kDWE0sqSRJXCibTOB-V-OnUcZ0kyNTAwjPwjxt2w

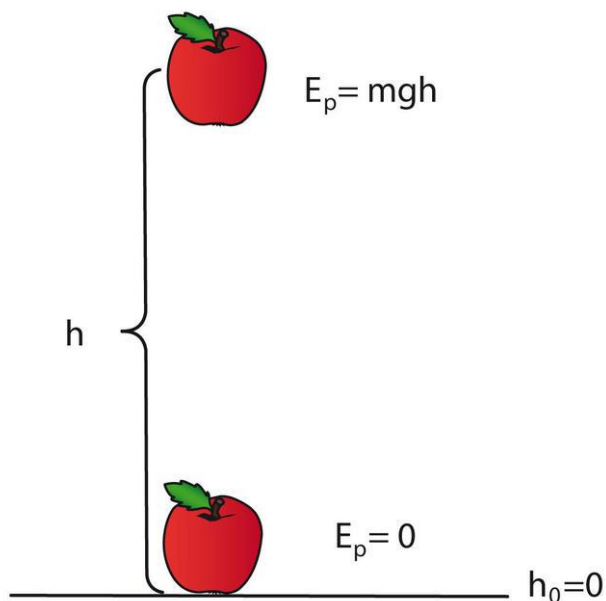
https://e-kalorik.pl/userdata/public/gfx/4476/JK1050CO-KALORIK_wbc_v02.jpg

Energia potencjalna

Energia związana z konfiguracją (położenie) układu ciał w przestrzeni, które oddziałują ze sobą.



Energia potencjalna – grawitacyjna



$$\begin{aligned}\Delta E_p &= -W = - \int_{y_p}^{y_k} F(y) dy = - \int_{y_p}^{y_k} -mg dy = \\ &= mg[y]_{y_p}^{y_k} = mg(y_k - y_p) = mg\Delta y\end{aligned}$$

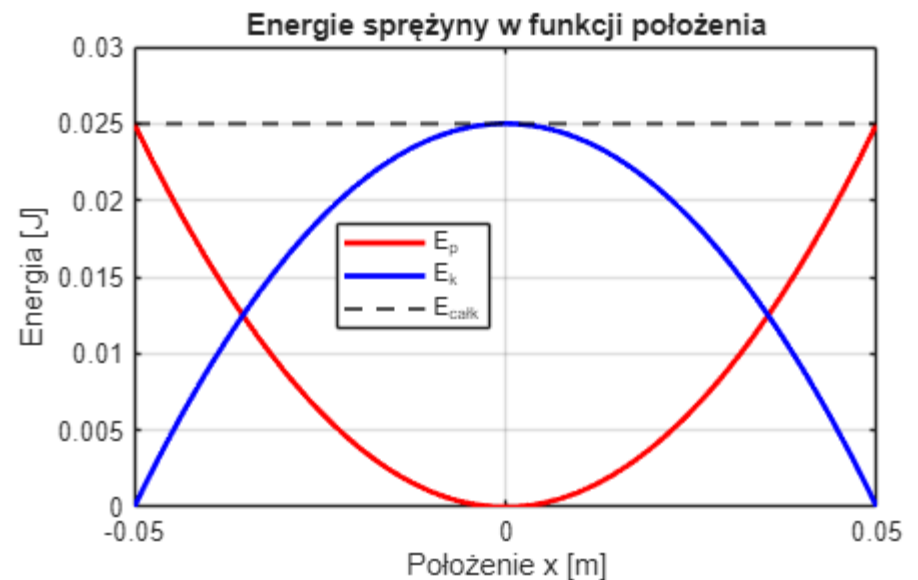
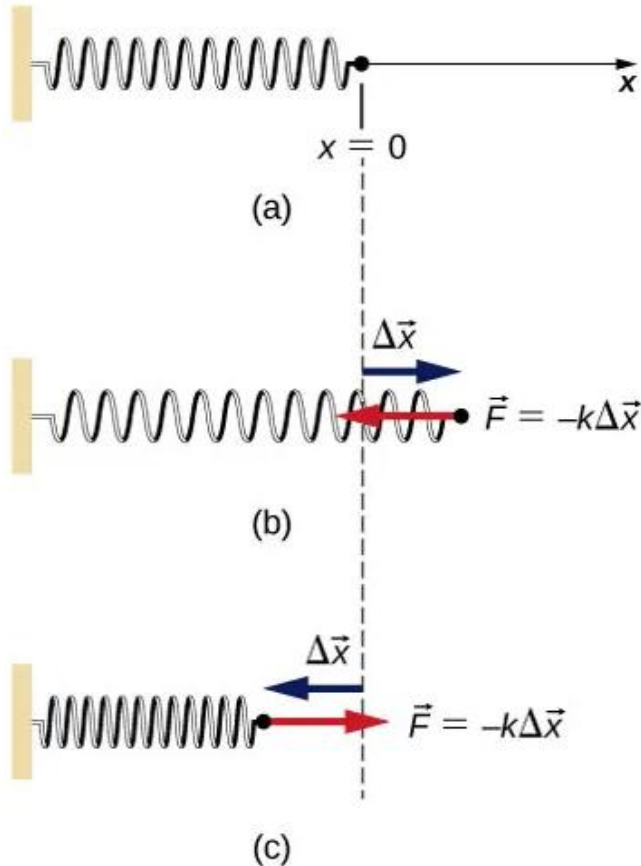
Dla $y_0 = 0$ i $E_{p0} = 0$

$$E_p = mgy_k = mgh$$

$$\vec{F}(x) = -k\vec{x}$$

Energia potencjalna – sprężyna

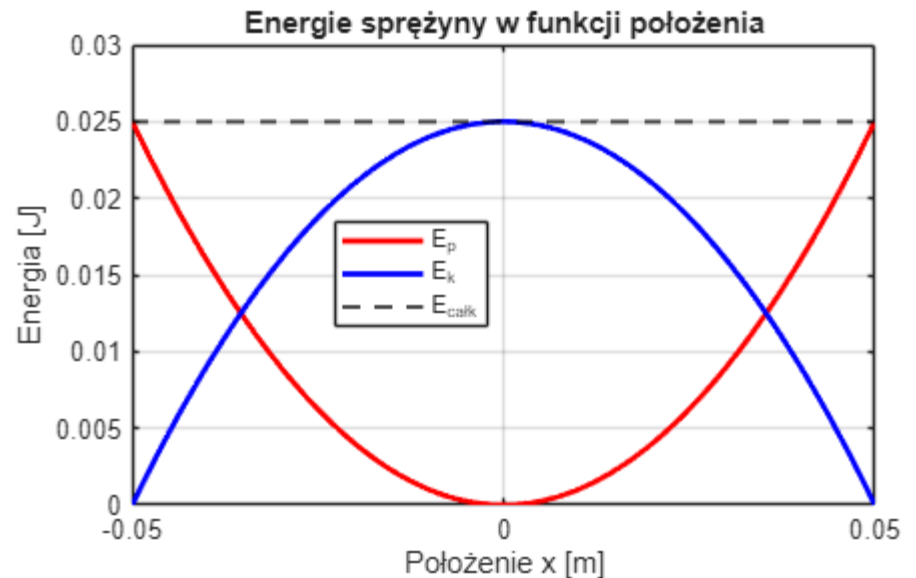
$$\begin{aligned}\Delta E_p &= - \int_{x_p}^{x_k} F(x) dx = - \int_{x_p}^{x_k} -kx dx = \\ &= \frac{1}{2} k [x^2]_{x_p}^{x_k} = \frac{1}{2} k (x_k^2 - x_p^2)\end{aligned}$$



Zasada zachowania energii

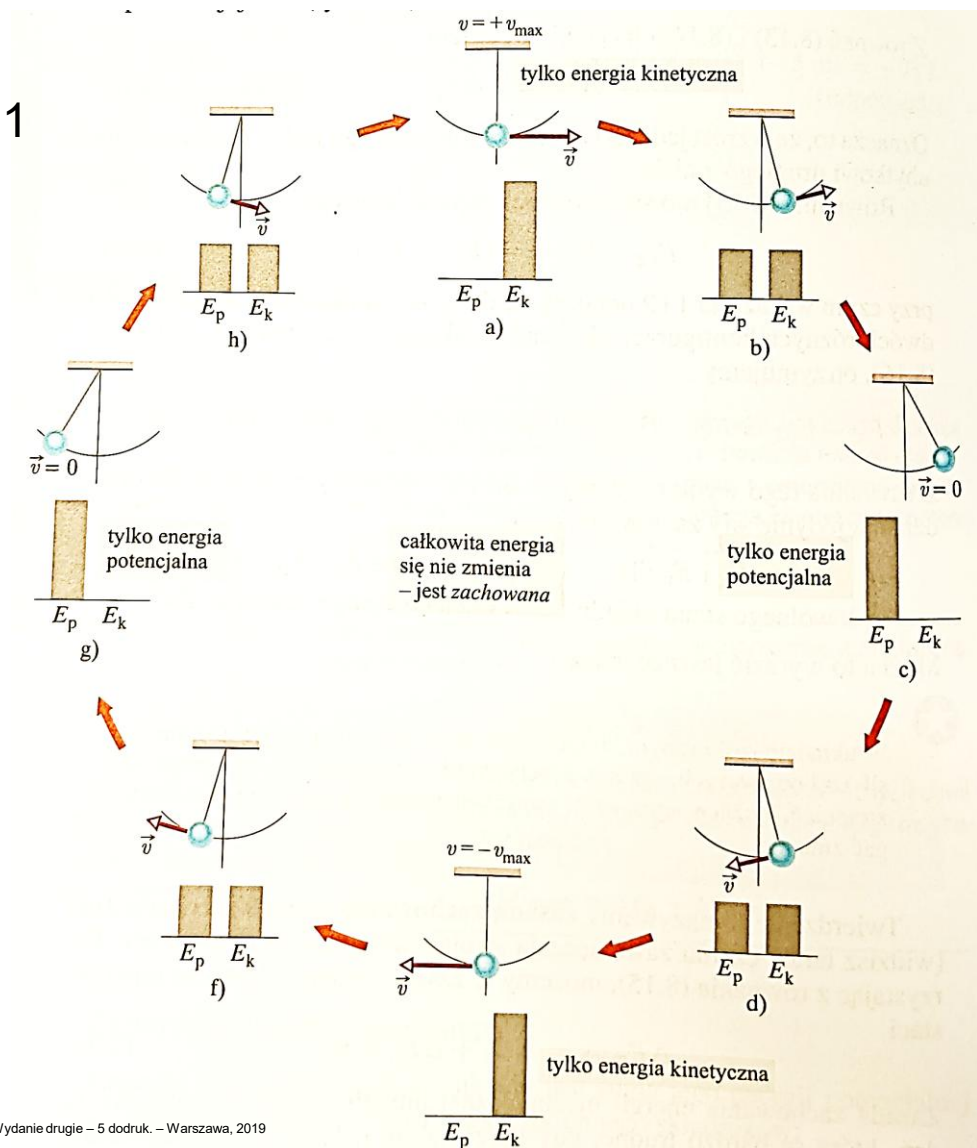
Energia w układzie izolowanym nie może być stworzona, ani zniknąć, może tylko przechodzić z jednej formy w inną.

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



Zasada zachowania energii

Doświadczenie 3.1 Krążek Maxwella





FIZYKA Z ELEMENTAMI FIZYKI RADIACYJNEJ I | WYKŁAD 4

Dziękuję za uwagę

dr inż. Katarzyna Gwóźdź