ZASADY ZACHOWANIA

ZASADA ZACHOWANIA PĘDU

ZASADA ZACHOWANIA
MOMENTU PĘDU

ZASADA ZACHOWANIA ENERGII

ZASADA ZACHOWANIA ŁADUNKU

ZASADY ZACHOWANIA
LICZBY LEPTONOWEJ I LICZBY BARIONOWEJ

ZASADA ZACHOWANIA PĘDU

- **Pojedyncza cząstka**

$$\frac{d\,\vec{p}}{d\,t} = \vec{F}$$

$$\vec{F} = 0 \qquad \Rightarrow \qquad \frac{d\,\vec{p}}{d\,t} = 0 \qquad \Rightarrow \qquad \vec{p} = \text{const.}$$

Gdy na cząstkę nie działa żadna siła lub suma działających sił jest równa zeru to pęd cząstki pozostaje stały.

ZASADA ZACHOWANIA PĘDU

- **Układ *n* punktów materialnych**.

Siła działająca na i-ty punkt układu:

$$\vec{F}_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j\neq i}}^{n} \vec{F}_{ji} + \vec{F}_i^{(z)} = \frac{d\vec{p}_i}{dt}$$

$$\vec{F}_{ij} + \vec{F}_{ji} = 0$$

Suma wszystkich sił w układzie:

$$\sum_{\substack{i,j=1 \\ i\neq j}}^{n} \vec{F}_{ji} + \sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i^{(z)} = \sum_{i=1}^{n} \frac{d\,\vec{p}_i}{dt}$$

$$\sum_{i,j=1}^{n} \vec{F}_{ij} = 0$$

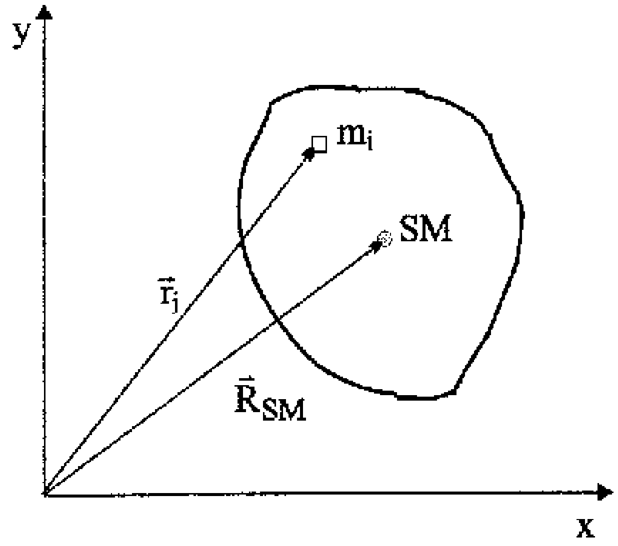
$$\sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i^{(z)} = \sum_{i=1}^{n} \frac{d\vec{p}_i}{dt} = \frac{d}{dt}\sum_{i=1}^{n} \vec{p}_i$$

Jeżeli na układ nie działają siły zewnętrzne, lub $\sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i^{(z)} = 0$ to $\frac{d}{dt}\sum_{i=1}^{n} \vec{p}_i = 0$

ŚRODEK MASY

- Położenie środka masy

$$\vec{R} = \frac{\sum_{i=1}^{n} m_i \, \vec{r}_i}{\sum_{i=1}^{n} m_i}$$



- Prędkość środka masy

$$\vec{V} = \frac{d\vec{R}}{dt}$$

dla dwóch mas

$$\vec{R} = \frac{m_1 \vec{r}_1 + \vec{r}_2 m_2}{m_1 + m_2}$$

- Pęd środka masy

$$\vec{P} := M\vec{V} = \sum_{i=1}^{n} \vec{p}_i$$

RUCH ŚRODKA MASY

$$\boxed{\frac{d\vec{P}}{dt} = \sum_i \vec{F}_i^{(z)}}$$

Środek masy porusza się w taki sposób, jak gdyby w nim była skupiona masa całego układu i do niego była przyłożona suma wszystkich sił działających na układ.

ZASADA ZACHOWANIA PĘDU

$$\sum \vec{F}_i^{(z)} = 0 \quad \Rightarrow \quad \vec{P} = \overrightarrow{\text{const.}}$$

Jeżeli suma sił zewnętrznych działających na układ jest równa zeru to pęd układu nie ulega zmianie.

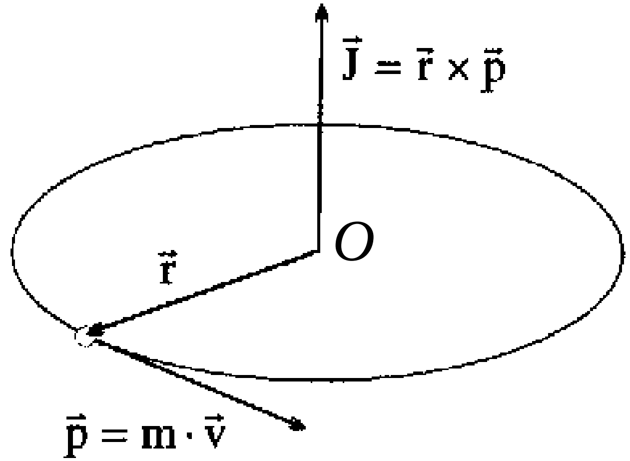
<u>Środek masy</u> porusza się wówczas ruchem jednostajnym prostoliniowym.

MOMENTY

Moment pędu

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

$$\left[\vec{J}\right] = \frac{kg \cdot m^2}{s}$$

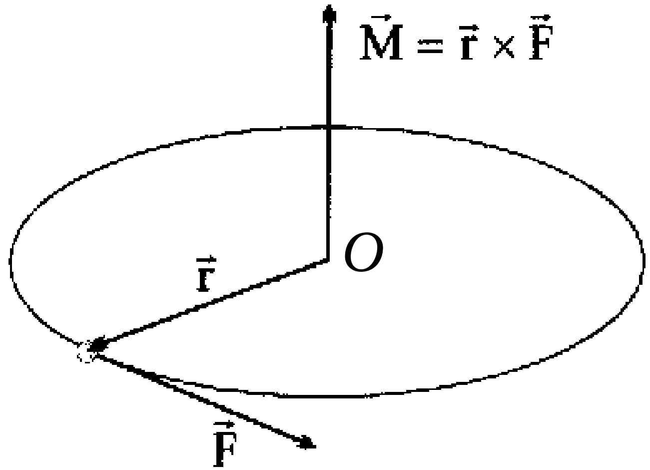


Względem punktu O

Moment siły

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$$

$$[\vec{M}] = \frac{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}$$



MOMENTY

Względem punktu O

Moment pędu

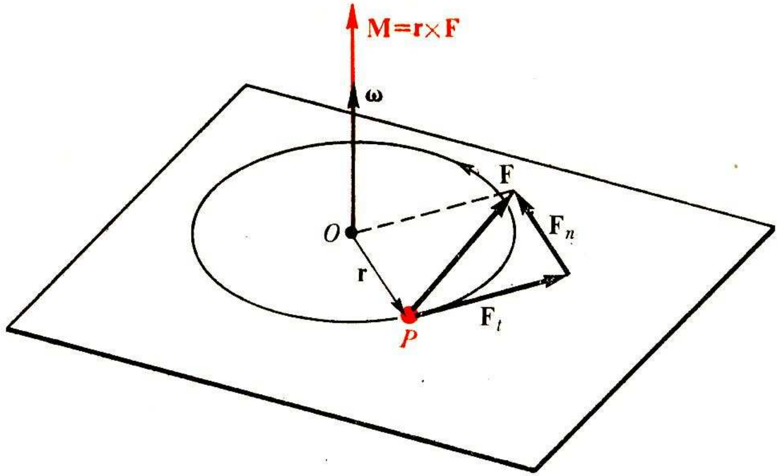
$$\vec{J} = \vec{r} \times \vec{p}$$

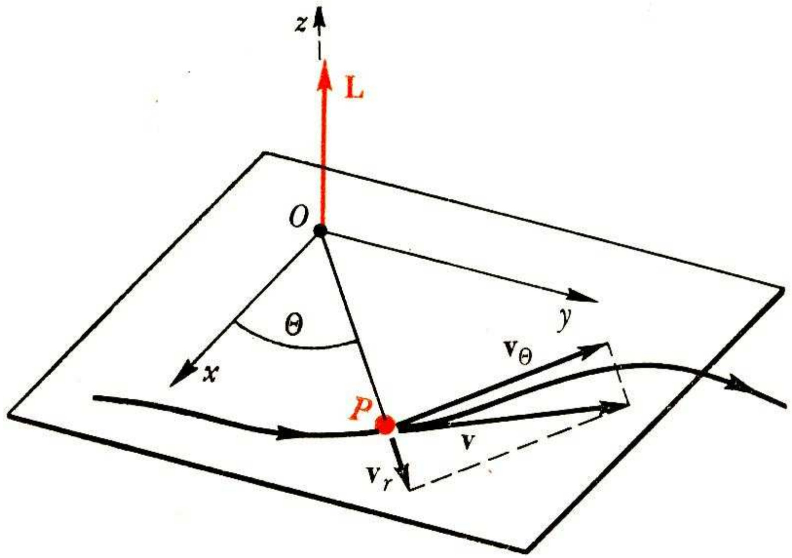
$$\left[\vec{J}\right] = \frac{kg \cdot m^2}{s}$$

Moment siły

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$$

$$[\vec{\mathrm{M}}] = \frac{\mathrm{kg} \cdot \mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}$$





ZASADA ZACHOWANIA MOMENTU PĘDU

$$\frac{d\vec{J}}{dt} = \sum_{i=1}^{n} \vec{M}_i^{(z)}$$

Jeżeli całkowity moment sił zewnętrznych działających na układ jest równy zeru to moment pędu układu nie ulega zmianie.

Dotyczy to układów, w których spełniona jest III zasada dynamiki Newtona

Wszystkie momenty sił muszą być liczone względem tego samego punktu !

ZASADA ZACHOWANIA ENERGII

Istnieje pewna wielkość, zwana energią, nie ulegająca zmianie podczas różnorodnych przemian, które zachodzą w przyrodzie.

Energia może występować w <u>różnych postaciach</u>. Mamy energie grawitacyjną, kinetyczną, sprężystą, cieplną, elektryczną, chemiczną, promienistą, jądrową i energię masy.

Energia jest miarą zdolności układu do wykonania pracy i podobnie jak praca mierzona jest w dżulach

$$1J = 1Nm$$

POLE SIŁ

<u>Polem</u> nazywa się obszar przestrzeni, w którym każdemu punktowi P jest jednoznacznie przyporządkowana pewna wielkość A(P).

<u>Pole sił</u> - obszar przestrzeni, w którym każdemu punktowi przyporządkowany jest pewien wektor określający, jaka siła działałaby na dane ciało gdyby umieszczono je w tym punkcie.

<u>Stacjonarne pole sił</u> nie zmienia się w czasie

Przykłady:
pole grawitacyjne (pole sił grawitacji)
pole elektrostatyczne

PRACA

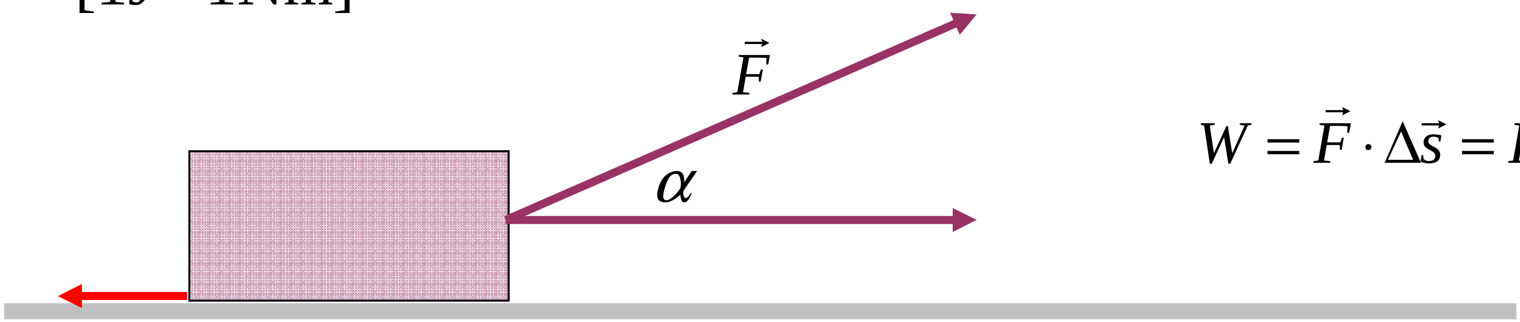
$$\Delta W = \vec{F} \cdot \Delta\vec{r}$$

dla $\Delta\vec{r}$ tak malego, że $\vec{F} = const.$

<u>**Praca elementarna**</u> dW wykonana przez siłę $\vec{F}$ przy przesunięciu ciała o element przyrostu drogi $d\vec{r}$ - na tyle mały, że $\vec{F}$ = const.

$$\boxed{dW = \vec{F}(\vec{r}) \cdot d\vec{r}}$$

[1J =1Nm]



$$W = \vec{F} \cdot \Delta\vec{s} = F \Delta s \cos\alpha$$

PRACA

Praca elementarna

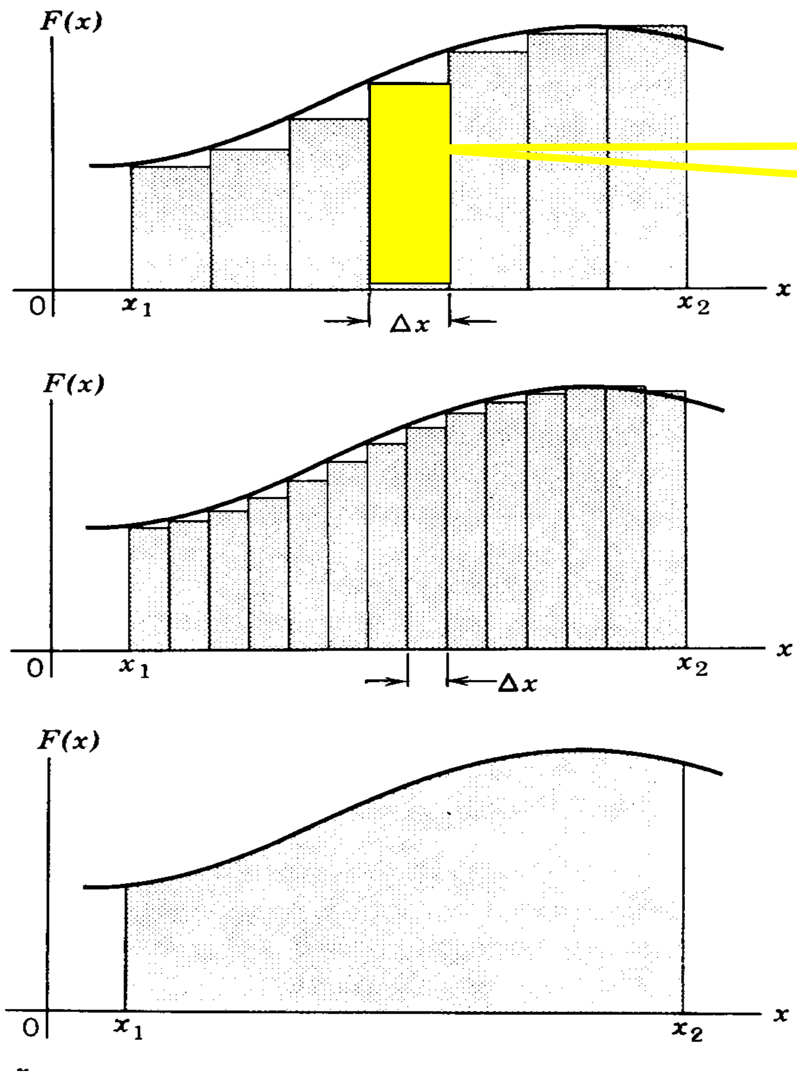
$$dW = \vec{F}(\vec{r}) \cdot d\vec{r}$$

Całkowita praca

$$W_{AB} = \lim_{\substack{\Delta\vec{r}_i \to 0 \\ n \to \infty}} \sum_{i=1}^{n} \vec{F}_i(\vec{r}_i) \cdot \Delta\vec{r}_i$$

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

PRACA W RUCHU JEDNOWYMIAROWYM



$$\Delta W = F(x)\,\Delta x$$

$$W_{AB} = \lim_{\substack{\Delta x_i \to 0 \\ n \to \infty}} \sum_{i=1}^{n} F_i(x)\Delta x_i$$

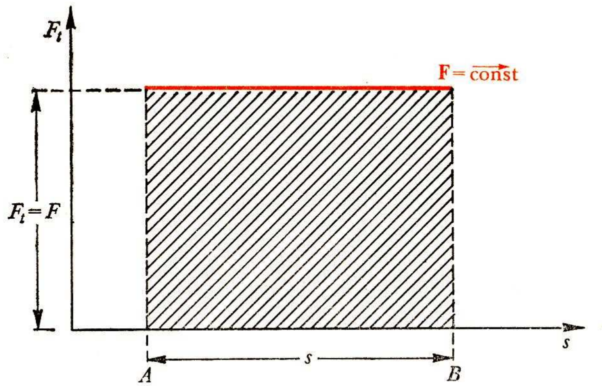
$$dW = F(x)\,dx$$

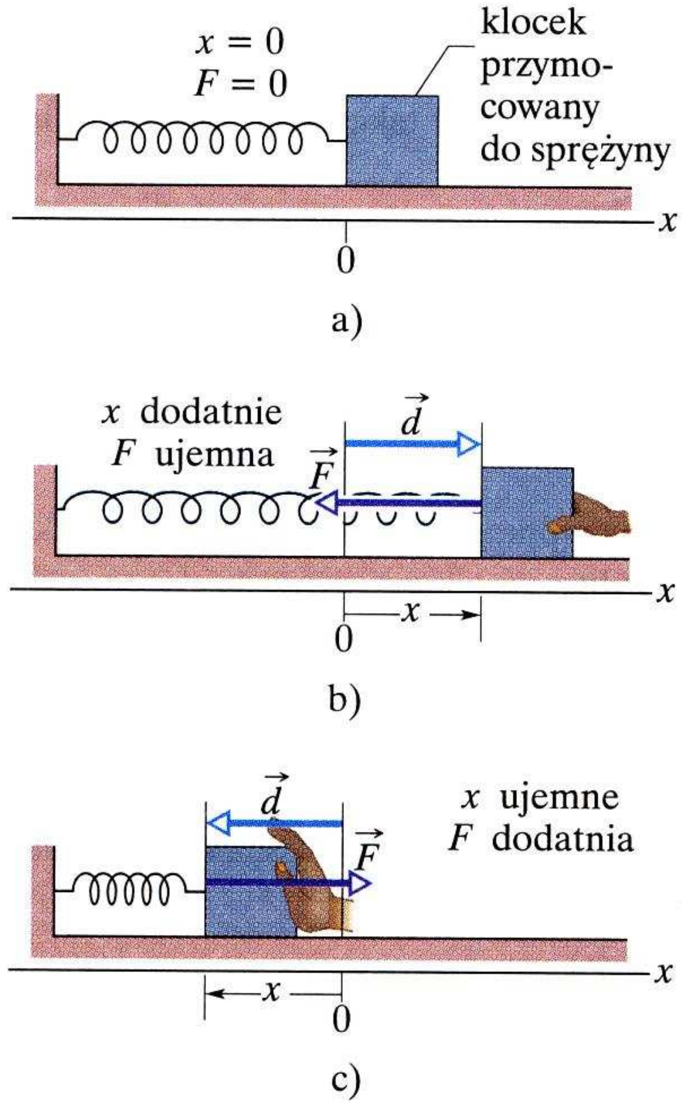
$$W_{AB} = \int_A^B F(x)dx$$

PRACA - przykłady

F=const.

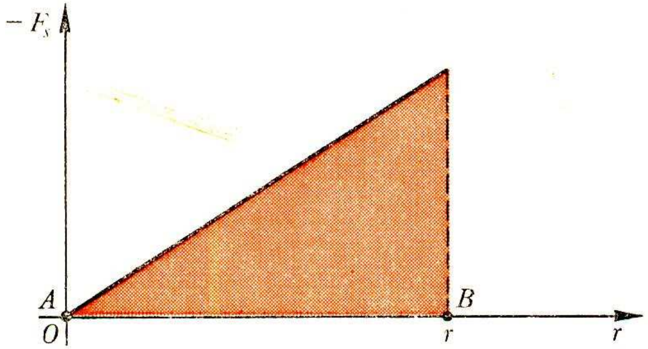
$$W = F \cdot s$$





$$F = kx$$

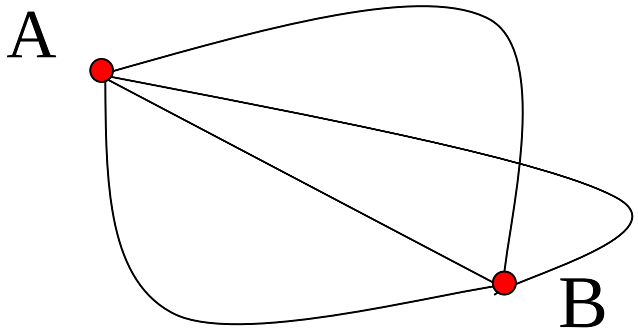
$$W = \frac{1}{2}kx^2$$



praca siły sprężystej F_s na drodze od A do B

POLE ZACHOWAWCZE

W ogólnym przypadku praca wykonana przy przesunięciu z punktu A do B zależy od drogi



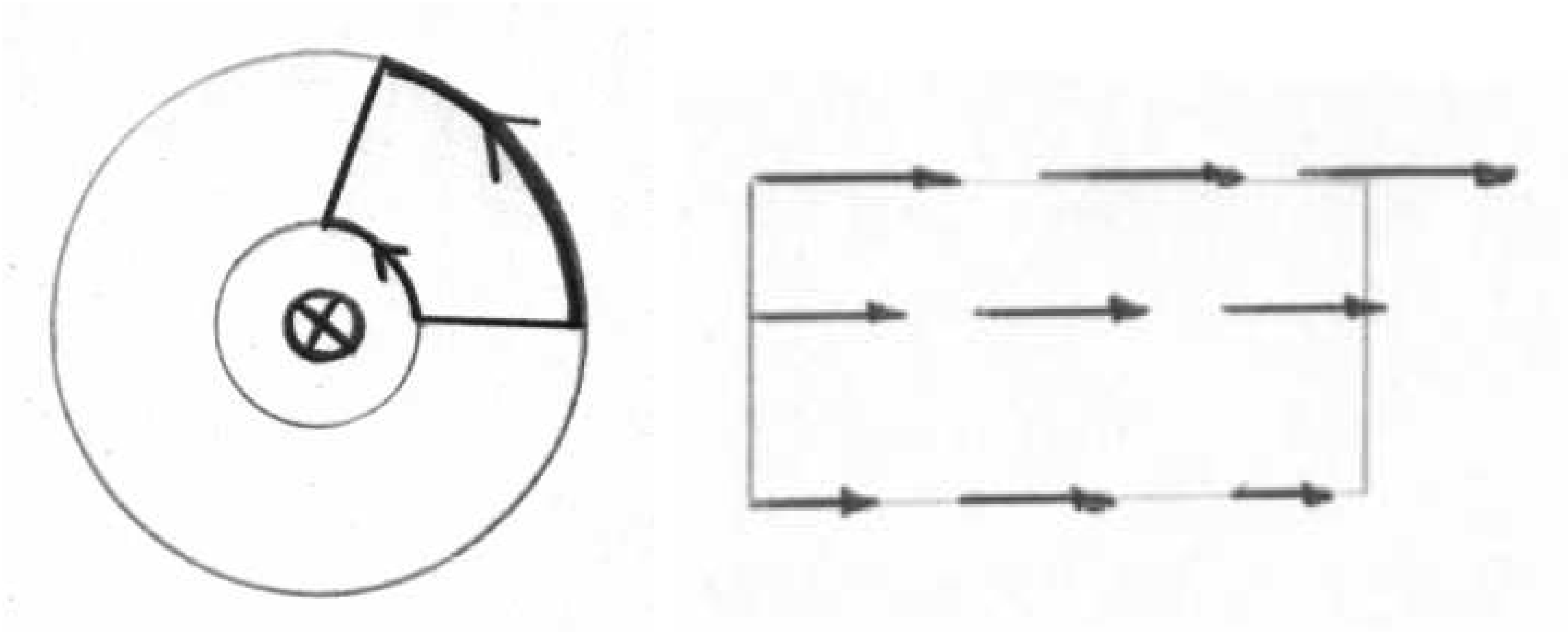
$$W_{s1} \neq W_{s2} \neq W_{s3}$$

Siły, albo pola sił mające tę własność, że praca zależy tylko od położenia punktu początkowego i końcowego, a nie zależy od drogi po jakiej została wykonana nazywamy **zachowawczymi**.

W zachowawczym polu sił praca po drodze zamkniętej jest równa zeru. Przykładem sił zachowawczych są siły grawitacyjne lub elektrostatyczne.

$$\oint \vec{F}(\vec{r})d\vec{s} = 0$$

SIŁY I POLA NIEZACHOWAWCZE



Żeby wykazać, że pole sił jest niezachowawcze wystarczy znaleźć jedną drogę zamkniętą dla której praca sił pola jest różna od zera

$$\oint \vec{F}(\vec{r})d\vec{s} \neq 0$$

ENERGIA POTENCJALNA

W każdym punkcie pola zachowawczego można określić energię potencjalną jaką miałoby umieszczone tam ciało.

Energia potencjalna to energia zmagazynowana w ciele lub układzie ciał wskutek jego położenia, kształtu lub stanu. Jest ona miarą zdolności układu do wykonania pracy.

W polu zachowawczym energia potencjalna jest równa pracy, jaka trzeba wykonać, żeby ciało umieścić w danym punkcie pola.
Żeby energia potencjalna była określona jednoznacznie trzeba ustalić jej wartość w którymś punkcie, np. $V(\infty) = 0$.

Zdefiniowana w ten sposób **energia potencjalna** wynosi

$$\boxed{V_A = \int_A^\infty \vec{F}(\vec{r})d\vec{s}} \qquad V(\vec{r}) = \int_{\vec{r}}^\infty \vec{F}(\vec{r})d\vec{r}$$

SIŁA POTENCJALNA

Znając rozkład energii potencjalnej można znaleźć siłę działającą na ciało umieszczone w danym punkcie

$$\boxed{\vec{F}(\vec{r}) = -\vec{\nabla} V(\vec{r})}$$

$V(\vec{r})$ energia potencjalna

$\vec{F}(\vec{r})$ siła potencjalna

$$\frac{\partial V}{\partial x} \equiv \left.\frac{dV}{dx}\right|_{\substack{y=const. \\ z=const.}}$$

$\vec{\nabla}$ - operator gradient

$$\vec{\nabla} \equiv \mathrm{grad} = \left(\hat{x}\frac{\partial}{\partial x} + \hat{y}\frac{\partial}{\partial y} + \hat{z}\frac{\partial}{\partial z} \right)$$

$$\frac{\partial V}{\partial x}, \ \frac{\partial V}{\partial y}, \ \frac{\partial V}{\partial z}$$ pochodne cząstkowe

ENERGIA KINETYCZNA

Praca wykonana nad ciałem lub układem ciał przy przejściu od stanu A do stanu B powoduje zmianę energii kinetycznej układu

$$W_{AB} = T_B - T_A$$

gdzie T_A i T_B całkowita **energia kinetyczna układu** w danym stanie:

$$T_A = \sum_i T_i(A), \qquad T_B = \sum_i T_i(B)$$

Energia kinetyczna ciała o masie m_i:

$$T_i = \frac{1}{2} m_i v_i^{\,2}$$

$$T = \frac{1}{2} m v^2$$

gdzie v_i prędkość i-tego ciała.

Energia kinetyczna jest energią ruchu

ZASADA ZACHOWANIA ENERGII MECHANICZNEJ

Dla dwóch dowolnych stanów układu w zachowawczym polu sił:

$$\boxed{T_A + V_A = T_B + V_B = E}$$

$\boldsymbol{T_A}$ i $\boldsymbol{T_B}$ **energie kinetyczne** układu odpowiednio w stanie A i w stanie B

$$T_A = \sum_i \frac{1}{2} m_i v_i^2(A), \qquad T_B = \sum_i \frac{1}{2} m_i v_i^2(B)$$

$\boldsymbol{V_A}$ i $\boldsymbol{V_B}$ **energie potencjalne** układu odpowiednio w stanie A i w stanie B

$$V_A = \int_A^\infty \vec{F}(\vec{r})d\vec{s}, \qquad V_B = \int_B^\infty \vec{F}(\vec{r})d\vec{s}$$

Jeżeli siły działające na każdy z punktów materialnych układu odizolowanego są siłami zachowawczymi, to **całkowita energia mechaniczna** (suma energii kinetycznej i potencjalnej) układu nie ulega zmianie.

ZASADY ZACHOWANIA A SYMETRIA W PRZYRODZIE

- Zasada zachowania **pędu** wynika z niezmienniczości względem **przesunięcia przestrzennego** będącej konsekwencją **jednorodności przestrzeni**

- Zasada zachowania momentu pędu z niezmienniczości względem **obrotu przestrzennego** – izotropowości przestrzeni

- Zasada zachowania energii z niezmienniczości względem **przesunięcia w czasie** – jednorodności czasu.

Twierdzenie Noether

Emma Noether
(23.03.1882 - 14.04.1935)

Każdemu rodzajowi symetrii w przyrodzie odpowiada
określona zasada zachowania

Jest to jedno z najważniejszych twierdzeń fizyki współczesnej (Emma Noether 1918)

Najgłębszym poziomem poznania fizycznego są ogólne zasady wyjawiające związki między prawami fizyki.