

# Закони одржања

# Садржај

- *Изоловани системи*
- *Закон одржања импулса*
- *Раџ силе*
- *Кинетичка енергија*
- *Раџ и промена кинетичке енергије*
- *Снага*
- *Раџ, снага и кинетичка енергија код ротационог кретања*
- *Конзервативне силе и потенцијална енергија*
- *Потенцијална енергија гравитационе интеракције*
- *Потенцијална енергија еластичне опруге*
- *Закон одржања енергије у механици*
- *Еластични и нееластични судари*
- *Закон одржања момента импулса*

# Изоловани системи

- **Физички систем** је скуп физичких тела (честица) која међусобно интерагују или учествују у некој физичкој појави. Тела која чине један физички систем могу да интерагују и са телима изван тог система и да размењује енергију и материју.
- **Изоловани физички систем** је систем који је изолован од спољашњих утицаја, у њему делују само унутрашње силе, а дејство спољашњих сила може да се занемари.
- Сви закони одржања односе се на изолован систем као целину.
- Укупна вредност посматране физичке величине у изолованом систему тела не мења се без обзира на промене унутар тог система.

Унутрашње  
силе

Силе које делују између тела унутар система

Спољашње  
силе

Силе којима тела система узајамно делују са телима изван система.



# Закон одржања импулса

Укупан импулс физичког система, који је састављен од више тела једнак је збиру појединачних импулса свих тела унутар тог система.

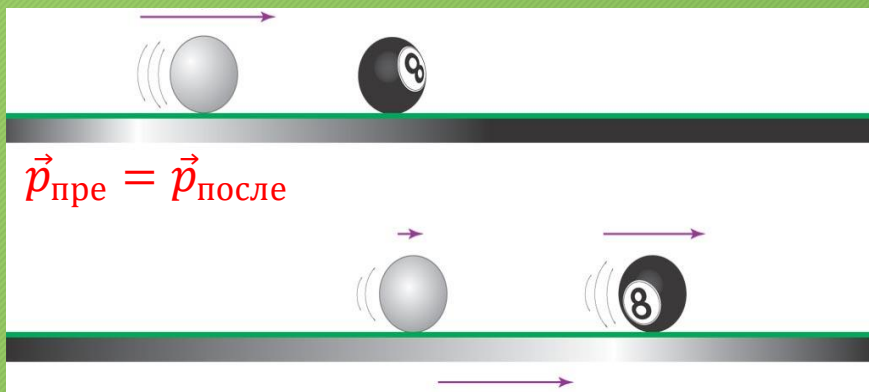
$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_n = \sum_{i=1}^n \vec{p}_i$$

- У инерцијалном референтном систему укупан импулс изолованог система тела (честица) не мења се у току времена.

$$\vec{p} = m\vec{v} = \text{const}, \quad \Delta\vec{p} = 0$$

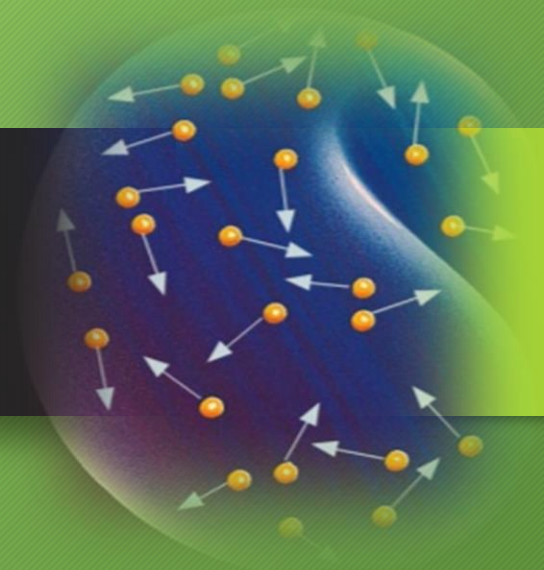
## Примери

Судари: Укупан импулс пре судара, једнак је укупном импулсу после судара



Пушка приликом сваког пуцња узмакне уназад брзином која је онолико пута мања од брзине метка, колико је пута маса пушке већа од масе метка.

$$\vec{p}_m + \vec{p}_p = m_m \vec{v}_m + m_p \vec{v}_p = 0$$



# Рад силе

- Рад константне силе једнак је производу интензитета силе и пута који пређе тело под дејством те силе.

$$A = F s$$

- Јединица за рад је џул,  $1J=1Nm$

Рад од једног џула изврши сила интензитета један њутн када помери тело за један метар.

- Сила врши механички рад када покреће тело, мења брзину кретања тела или мења његов облик (деформише тело).

- Сила која делује нормално на правац кретања тела не врши механички рад.

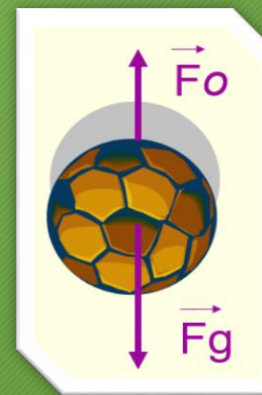
Укупан рад више сила једнак је збиру радова појединачних сила.

## Позитиван рад силе

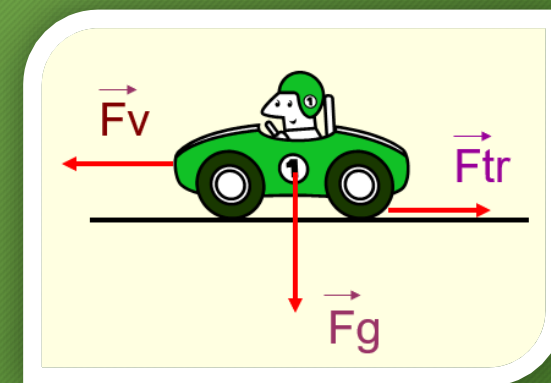
Кад сила убрзава тело, односно, кад делује у смеру кретања тела.

## Негативан рад силе

Кад сила успорава тело, односно кад делује у смеру супротном од смера кретања тела.



Рад силе теже је позитиван  
Рад силе отпора је негативан



$F_g$  - не врши рад  
 $F_v$  - врши позитиван рад  
 $F_{tr}$  - врши негативан рад

# Кинетичка енергија

- Енергија = способност вршења рада

Енергија и рад имају исту природу, па су и јединице исте - џул (J).

Механичка енергија = кинетичка енергија + потенцијална енергија

- Енергија коју тела имају при кретању назива се кинетичка енергија.
- Кинетичка енергија тела сразмерна је маси тела и квадрату његове брзине.

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

- Кинетичка енергија је скаларна величина и не зависи од правца и смера кретања тела.



# Рад и промена кинетичке енергије

Вршење рада је увек праћено променом енергије.

Рад је мера промене енергије.

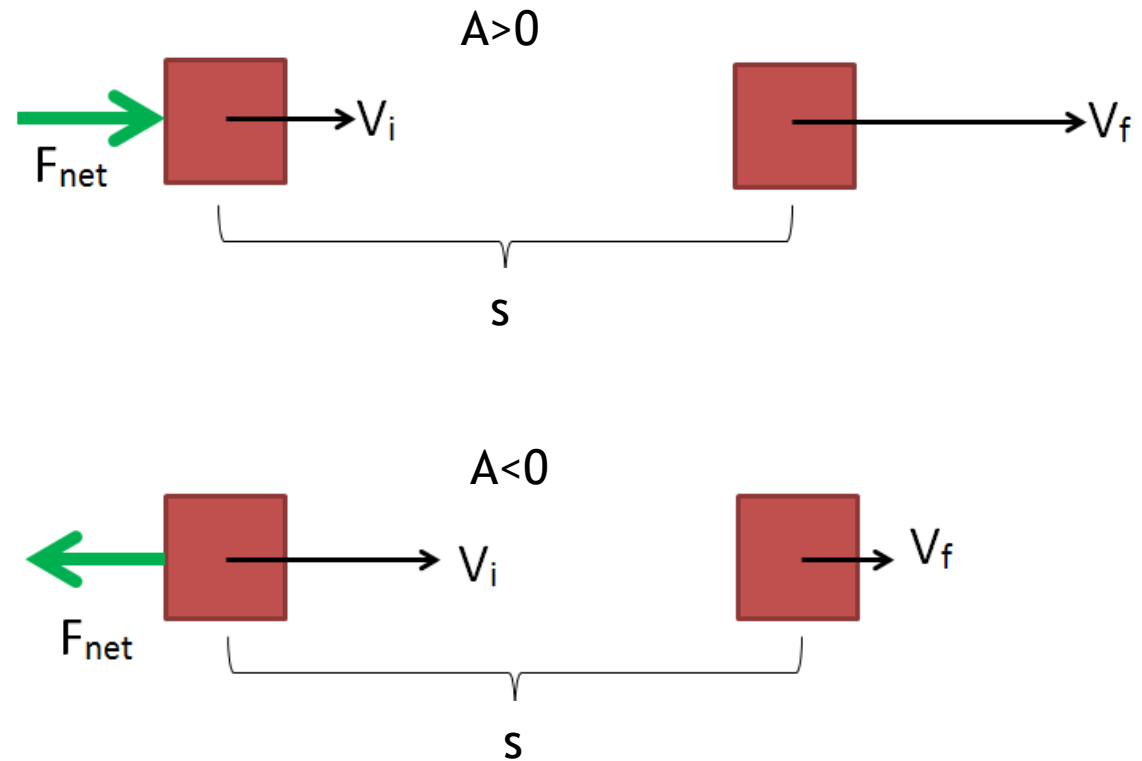
$$A = \Delta E_k$$

$$A = E_{kf} - E_{ki} = \frac{mv_f^2}{2} - \frac{mv_i^2}{2}$$

Пример:

-позитиван рад се изводи када се сила примењује у правцу кретања, што резултира повећањем брзине и кинетичке енергије

-негативни рад се врши када је сила која се примењује супротног смера од смера кретања, што резултира смањењем брзине и кинетичке енергије



# Снага

- Снага је брзина вршења механичког рада и бројно је једнака раду који се изврши у јединици времена.

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

- Јединица за снагу је ват (W),  $W=J/s$ .  
Снагу од 1W има она машина која сваког секунда изврши рад од 1J.

$$P = \frac{A}{t} = \frac{Fs}{t} = Fv$$

- Снага је једнака производу силе и брзине коју је тело добило услед дејства силе.





# Рад, снага и кинетичка енергија код ротационог кретања

- **Рад** момента силе једнак је производу момента силе и угла за који се круто тело обрне око непокретне осе ротације док на њега делује момент силе.  $A = M\theta$

- **Кинетичка енергија** ротационог кретања тела једнака је половини производа момента инерције и квадрата његове угаоне брзине.  $E_k = \frac{1}{2}I\omega^2$

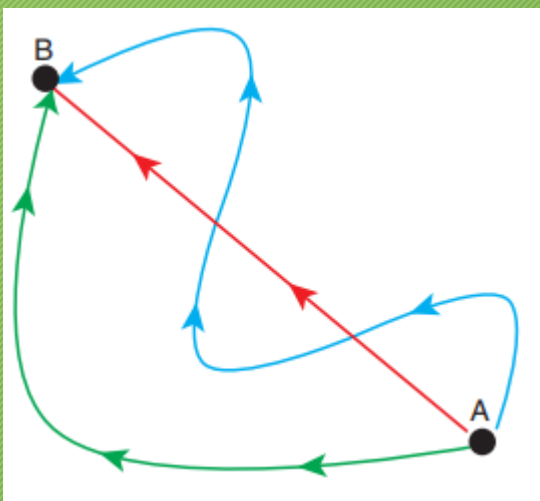
- **Снага** при ротационом кретању једнака је производу момента силе под чијим дејством се врши ротација и угаоне брзине крутог тела.  $P = M\omega$

$$P = M\omega$$

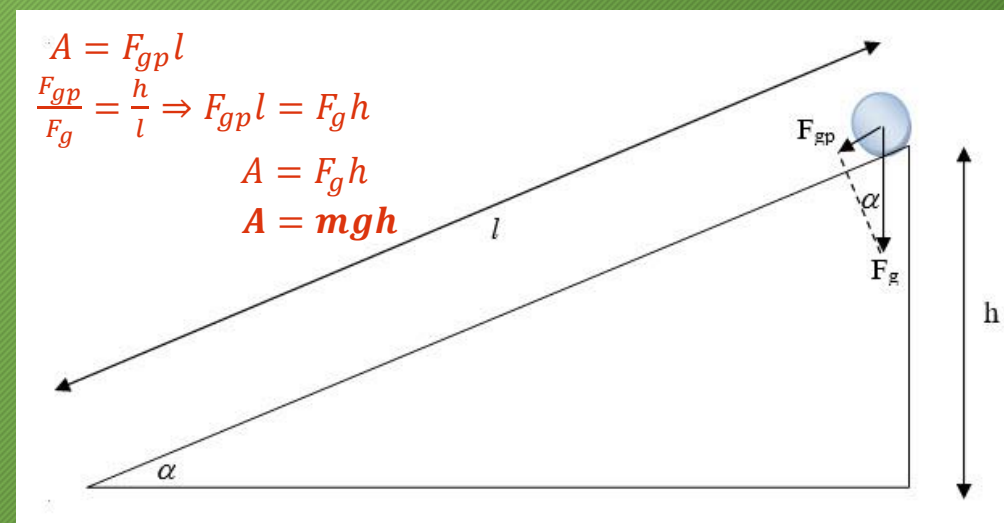
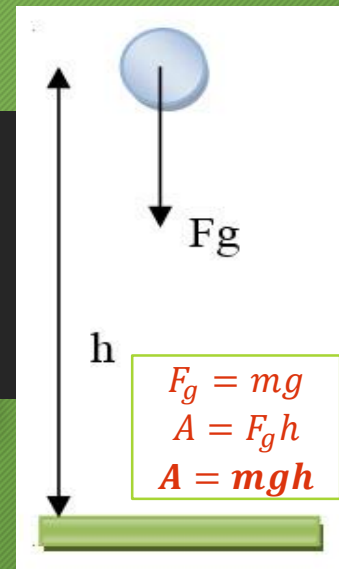
Транслаторно кретање	Ротационо кретање
пређени пут $[s]$	описани угао $[\theta]$
брзина $[\vec{v}]$	угаона брзина $[\vec{\omega}]$
маса $[m]$	момент инерције $[I]$
сила $[\vec{F}]$	момент силе $[\vec{M}]$

# Конзервативне силе и потенцијална енергија

- Енергија која је условљена узајамним положајем тела назива се потенцијална енергија.
- Сила чији рад зависи само од почетног и крајњег положаја и не зависи од облика нити дужине путање којом се тело креће назива се конзервативна сила.



Ако се почетни и крајњи положај поклапају, рад конзервативних сила једнак је нули.



Укупан рад који врши сила теже при кретању по произвољној путањи увек је једнак производу силе теже и висинске разлике почетне и крајње тачке.

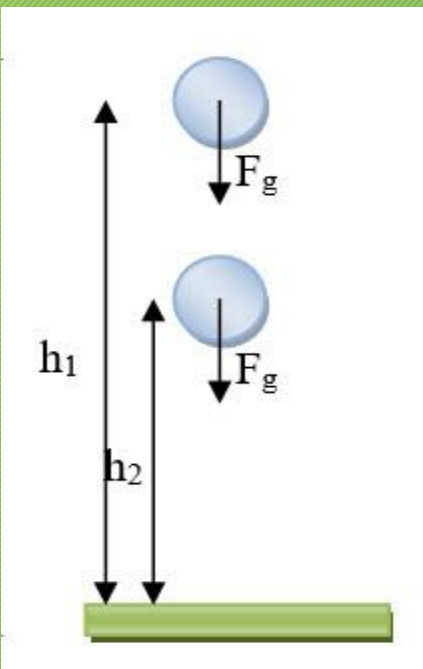
# Потенцијална енергија гравитационе интеракције

## Потенцијална енергија тела у близини Земље

Ако тело у пољу Земљине теже пређе из положаја на висини  $h_1$  у положај на висини  $h_2$ , рад силе теже је

$$\begin{aligned} A &= F_g(h_1 - h_2) \\ A &= mgh_1 - mgh_2 \\ A &= E_{p1} - E_{p2} \\ A &= \Delta E_p \end{aligned}$$

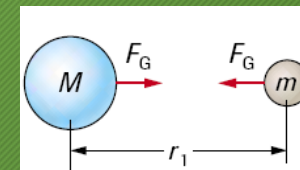
Површина Земље узима се за нулти референтни ниво гравитационе потенцијалне енергије.



## Потенцијална енергија тела на великом растојању од Земље

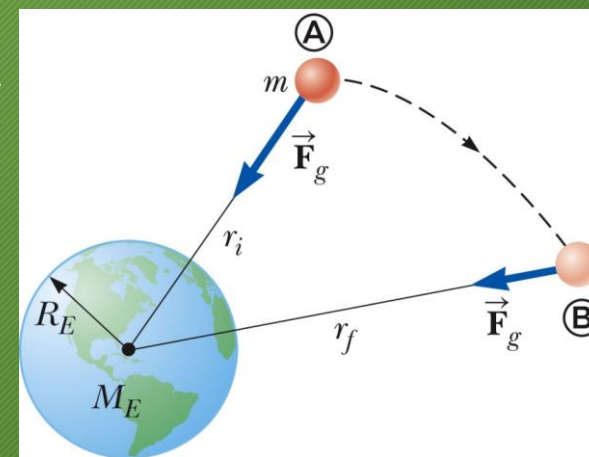
У општем случају гравитациона сила којом Земља привлачи тело није константна, већ опада са квадратом растојања

$$F_g = \gamma \frac{Mm}{r^2}$$



Рад гравитационе силе при премештању тела из једног положаја у други положај врши се на рачун промене гравитационе потенцијалне енергије

$$\begin{aligned} E_p &= -\gamma \frac{Mm}{r} \\ A = \Delta E_p &= -\gamma Mm \left( \frac{1}{r_f} - \frac{1}{r_i} \right) \end{aligned}$$



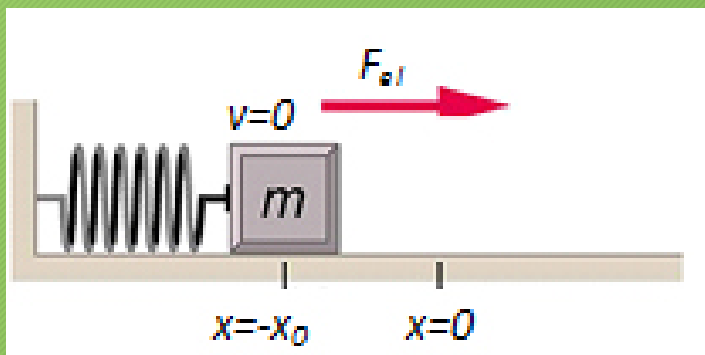
На великом растојању тело не осећа деловање гравитационог поља Земље. Нулти ниво потенцијалне енергије у овом случају добија се за бесконачно велико растојање ( $r \rightarrow \infty, E_p = 0$ ).

# Потенцијална енергија еластичне опруге

Интензитет спољашње силе којом је опруга сабијена једнак је интензитету силе еластичности.

$$F_{el} = kx$$

Када се сабијена опруга ослободи делује еластична сила која помера тело и врши позитиван рад - смер деловања еластичне силе поклапа се са смером померања тела.

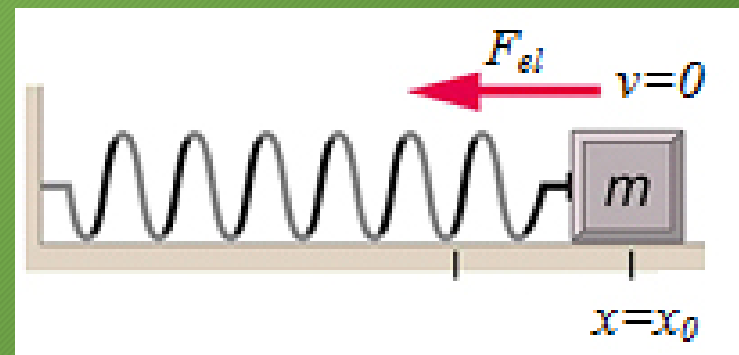


Потенцијална енергија еластичне опруге

$$E_p = \frac{kx^2}{2}$$

При преласку опруге из једног у друго деформисано стање рад еластичне силе једнак је разлици потенцијалних енергија у почетном и крајњем стању.

$$A = \Delta E_p = \frac{k(x_2^2 - x_1^2)}{2}$$



# Закон одржања енергије у механици

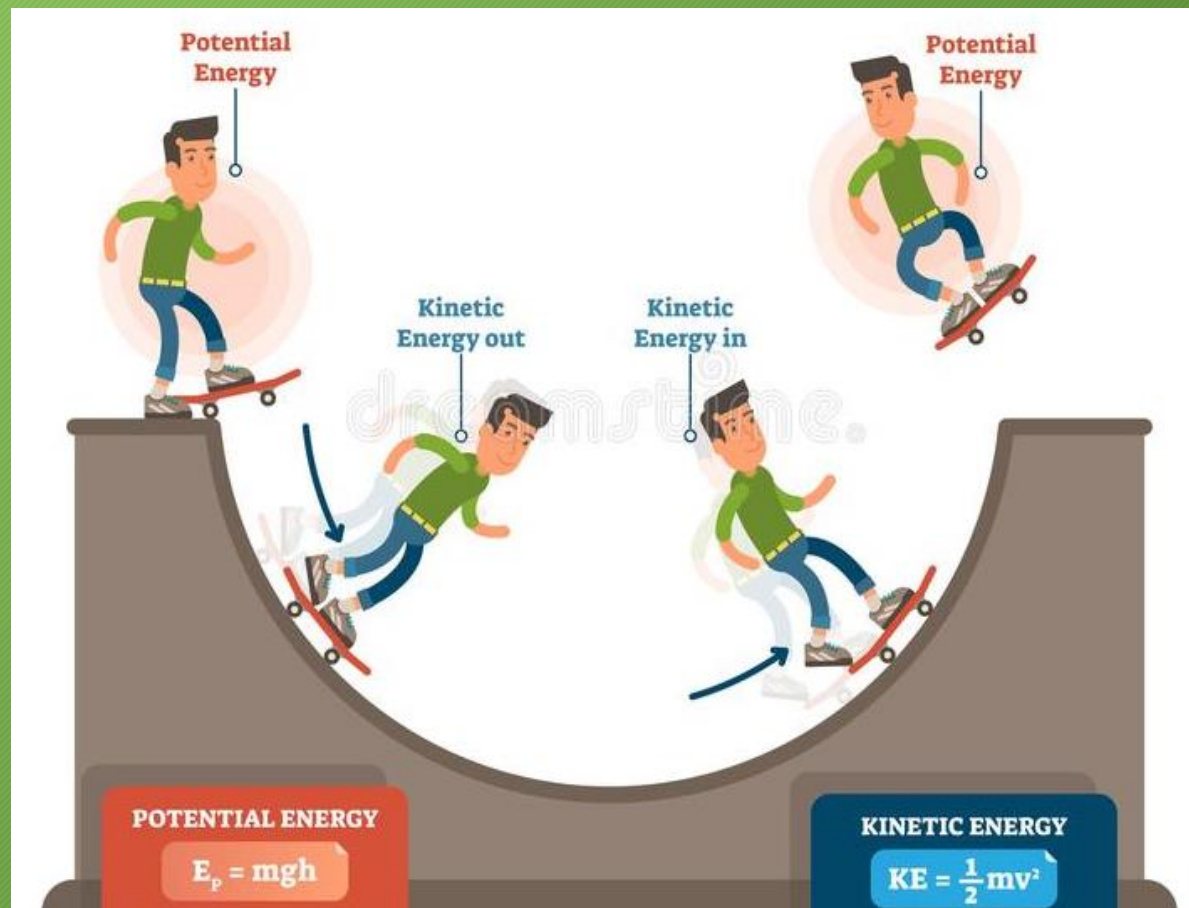
Укупна механичка енергија тела једнака је збиру његове кинетичке и потенцијалне енергије.

$$E = E_k + E_p$$

## Закон одржања енергије

Енергија се не може створити ни уништити, већ само прелази са једног тела на друго или се претвара из једног облика у други.

$$E = E_k + E_p = \text{const}$$

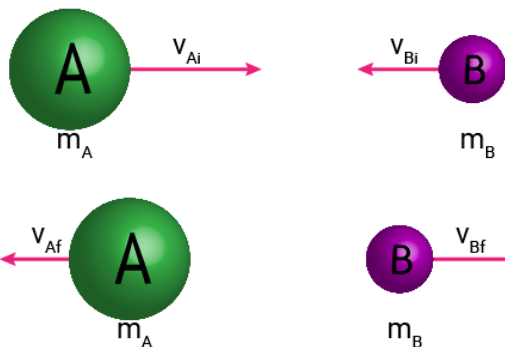


# Еластични и нееластични судари

Судари (у физици) - краткотрајна деловања између тела или честица.

## Еластични судари

Укупна кинетичка енергија тела при судару се не мења.



Закон одржања импулса

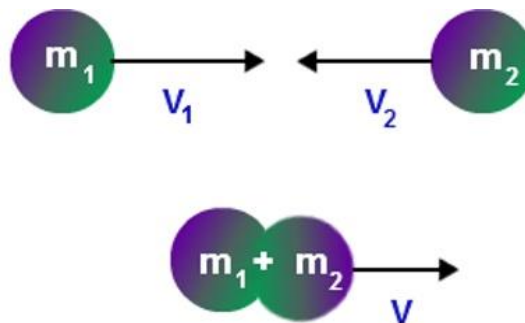
$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v'_1 + m_2 v'_2$$

Закон одржања енергије

$$\frac{m_1 v_1^2}{2} + \frac{m_2 v_2^2}{2} = \frac{m_1 v_1'^2}{2} + \frac{m_2 v_2'^2}{2}$$

## Нееластични судари

Укупна кинетичка енергија тела мења се при судару - део прелази у потенцијалну или друге облике енергије, а укупна енергија остаје сачувана.



Закон одржања импулса

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$$

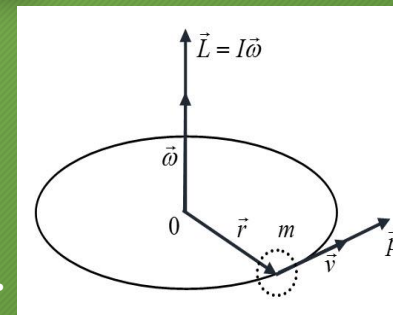
# Закон одржања момента импулса

**Момент импулса** једнак је производу угаоне брзине тела и његовог момента инерције у односу на дату осу ротације.

$$\vec{L} = I\vec{\omega}, \quad [L] = \frac{\text{kgm}^2}{\text{s}}$$

Промена момента импулса у јединици времена једнака је моменту силе која делује на тело.

$$\vec{M} = \frac{\Delta \vec{L}}{\Delta t}$$



## Закон одржања момента импулса:

Ако је резултујући момент силе који делује на физички систем једнак нули, укупан момент импулса система је константан током времена.

$$\vec{L} = \text{const}$$
$$I\vec{\omega} = \text{const}$$

