

Impulsul mecanic

Cuprins

1. Impulsul mecanic. Teorema de variație a impulsului mecanic pentru punctul material. Legea de conservare a impulsului pentru punctul material..... 1
2. Teorema de variație a impulsului mecanic pentru un sistem de puncte materiale 2
3. Legea de conservare a impulsului mecanic pentru sistemul de puncte materiale..... 4

1. Impulsul mecanic. Teorema de variație a impulsului mecanic pentru punctul material. Legea de conservare a impulsului pentru punctul material.

Definiție

Impulsul mecanic al unui corp este mărimea fizică vectorială egală cu produsul dintre masa și viteza corpului.

$$\vec{p} = m\vec{v}$$
$$[p]_{SI} = kg \cdot \frac{m}{s} = N \cdot s$$

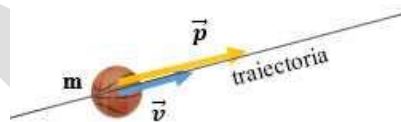


Figura 1

Dacă vom considera un punct material (un corp considerat punctiform, dimensiunile geometrice se neglijează) asupra căruia acționează forța rezultantă \vec{F} constantă, (Fig.2), atunci conform principiului II al mecanicii:

$$\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{m(\vec{v} - \vec{v}_0)}{\Delta t} = \frac{m\vec{v} - m\vec{v}_0}{\Delta t} = \frac{\vec{p} - \vec{p}_0}{\Delta t} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$$

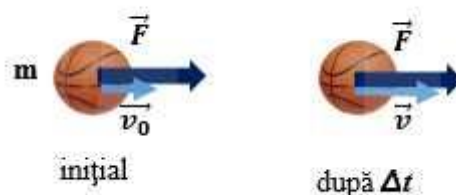


Figura 2

De unde rezultă:

$$\vec{F}\Delta t = \Delta\vec{p} \quad (1)$$

Relația (1) reprezintă **teorema de variație a impulsului pentru punctul material**. Această teoremă arată că orice forță rezultantă \vec{F} aplicată unui punct material un timp Δt determină o variație a impulsului punctului material $\Delta\vec{p}$.

Mărimea $\vec{F}\Delta t$ se mai numește în fizică **impulsul forței aplicate**.

Exemplu:

Să spunem că avem o minge de fotbal care are masă $m = 0,4 \text{ kg}$ și care este lovită cu o forță $F = 1000\text{N}$ un timp foarte scurt de $\Delta t = 1\text{ms}$. Mingea este inițial în repaus. Ce viteză va căpăta mingea în urma loviturii?

Conform teoremei de variație a impulsului:

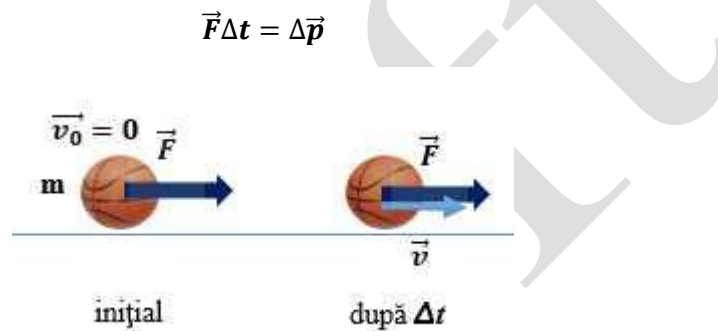


Figura 3

$$F\Delta t = p - p_0 = p = mv$$
$$v = \frac{F\Delta t}{m} = \frac{1000\text{N} \cdot 0,001\text{s}}{0,4\text{kg}} = 2,5\text{m/s}$$

Legea de conservare a impulsului

Dacă punctul material este complet izolat sau dacă forța rezultantă aplicată punctului material este zero, $\vec{F} = 0$, atunci $\vec{F}\Delta t = 0$, rezultă $\Delta\vec{p} = 0$, adică $\vec{p} = \vec{p}_0 = \text{const.}$ (un punct material își păstrează impulsul constant dacă asupra sa nu acționează nici o forță sau dacă rezultanta forțelor este zero)

Dacă forța \vec{F} nu este constantă atunci teorema de variație a impulsului pentru un punct material se scrie astfel:

$$\int_{t_1}^{t_2} F dt = \Delta p = p - p_0$$

2. Teorema de variație a impulsului mecanic pentru un sistem de puncte materiale

Să considerăm un sistem de 3 puncte materiale. Asupra fiecărui corp care compune sistemul pot acționa forțe externe (exercitate de alte corpuri exterioare sistemului, notate cu $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$) și forțe interne (exercitate între părțile sistemului, notate $\vec{f}_{12}, \vec{f}_{21}$, etc), vezi figura 4. Forțele interne conform principiului III al mecanicii sunt forțe perechi acțiune-reacțiune astfel încât,

$$\vec{f}_{12} = -\vec{f}_{21}, \vec{f}_{13} = -\vec{f}_{31}, \vec{f}_{32} = -\vec{f}_{23} \quad (2)$$

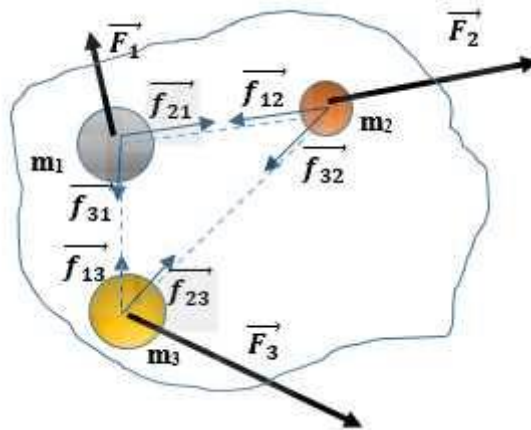


Figura 4

Aplicăm teorema de variație a impulsului pentru fiecare corp care compune sistemul considerând că în intervalul de timp Δt particulele care compun sistemul își modifică vitezele de la $\vec{v}_{01}, \vec{v}_{02}, \vec{v}_{03}$ pentru starea inițială la $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \vec{v}_3$ pentru starea finală.

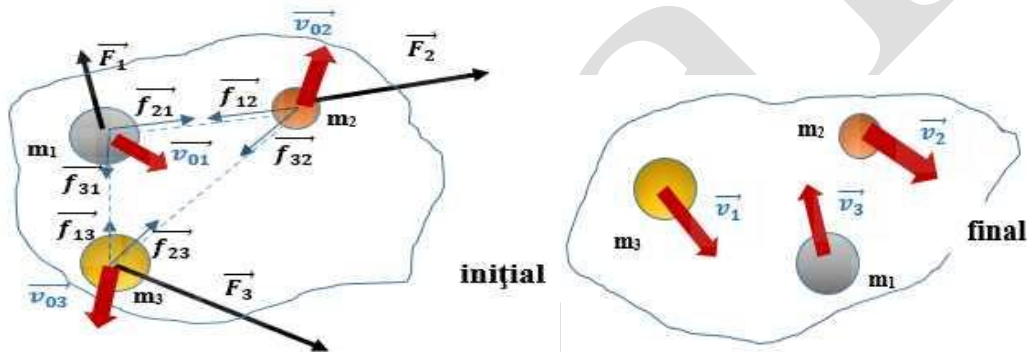


Figura 5

$$(\vec{F}_1 + \vec{f}_{21} + \vec{f}_{31})\Delta t = \vec{p}_1 - \vec{p}_{01}$$

$$(\vec{F}_2 + \vec{f}_{12} + \vec{f}_{32})\Delta t = \vec{p}_2 - \vec{p}_{02}$$

$$(\vec{F}_3 + \vec{f}_{23} + \vec{f}_{13})\Delta t = \vec{p}_3 - \vec{p}_{03}$$

Adunăm relațiile de mai sus și ținând cont de relația (2) forțele interne se anulează astfel încât avem:

$$(\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3)\Delta t = (\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \vec{p}_3) - (\vec{p}_{01} + \vec{p}_{02} + \vec{p}_{03})$$

Ceea ce se poate scrie mai reastrâns în felul următor ($\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{F}_{ext}$):

$$\vec{F}_{ext}\Delta t = \vec{P}_{final} - \vec{P}_{inițial} = \Delta\vec{P} \quad (3)$$

Impulsul forței rezultante aplicate sistemului este egal cu variația impulsului total al sistemului.

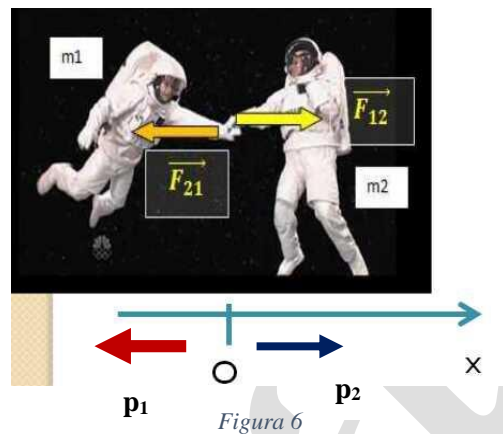
Relația (3) împreună cu enunțul de mai sus reprezintă **teorema de variație a impulsului total al sistemului** pentru cazul sistemului de puncte materiale. După cum se observă impulsul total nu este influențat de forțele interne ci doar de cele externe.

3. Legea de conservare a impulsului mecanic.

Dacă sistemul este izolat sau dacă rezultanta forțelor externe este zero $\vec{F}_{ext}=0$,

atunci $\vec{F}_{ext}\Delta t = 0$, rezultă $\vec{P}_{final} - \vec{P}_{initial} = 0$, adică $\vec{P}_{final} = \vec{P}_{initial} = \text{const.}$ Impulsul total al sistemului se conservă.

Exemplu de aplicare a legii de conservare a impulsului:



Avem doi cosmonauți undeva în spațiu cosmic departe de orice acțiune gravitațională. Masele celor doi sunt $m_1 = 80\text{kg}$, $m_2 = 100\text{kg}$. Cosmonauții sunt inițial în repaus. Pentru a se deplasa se împing unul pe altul, forțele de împingere sunt forțe interne. Astfel unul va căpăta o mișcare în sens opus celuilalt. Care este raportul vitezelor pe care le vor căpăta cei doi după separare?

Impulsul total al sistemului format din cei doi se conservă, adică:

$$\vec{P}_{initial} = \vec{P}_{final}$$

$$0 = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$$

$$0 = -m_1 v_1 + m_2 v_2$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{m_2}{m_1}$$

Alte aplicații (civonirile de exemplu) ale legii de conservare a impulsului găsiți la seminar.