

I MECANICA

CONȚINUTURI

1.Principiile mecanicii newtoniene și tipuri de forțe:

- 1.1 Principiile I, II și III
- 1.2.Forța de frecare
- 1.3.Forța de tensiune
- 1.4 Forța elastică. Modelul corpului elastic
- 1.5 Forța centripetă

2.Cinematica punctului material:

- 2.1 Mișcarea rectilinie uniformă a punctului material
- 2.2 Mișcarea rectilinie uniform variată a punctului material
- 2.3 Mișcarea uniform circulară a punctului material

3.Teoreme de variație și legi de conservare în mecanică:

- 3.1 Lucrul mecanic (mărime de proces). Putere mecanică
- 3.2 Energia mecanică (mărime de stare)
- 3.3 Teorema variației energiei cinetice a punctului material
- 3.4 Energia potențială gravitațională
- 3.5 Energia potențială elastică
- 3.5 Conservarea energiei mecanice
- 3.6 Lucrul mecanic efectuat de forțele conservative
- 3.7 Teorema variației impulsului mecanic și legea conservării impulsului

LISTA DE TERMENI

Noțiuni introductive:

Mărime scalară - mărimea complet caracterizată prin valoarea numerică; se calculează algebric; ex: masa, temperatura, densitatea etc.

Mărime vectorială - mărimea caracterizată prin modul, direcție, sens și punct de aplicație; se calculează vectorial; ex: forța, viteza, accelerația etc.

Corpurile pot fi considerate:

- o Solid rigid - corpurile pentru care se pot neglija deformările
- o Punct material - caracterizat numai prin masă, cu dimensiuni neglijabile
- o Mobil - corpul reprezentat printr-un punct, cărui se pot neglija deformările, dimensiunile și masa

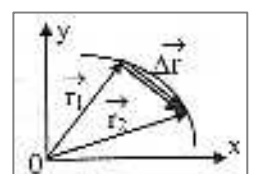
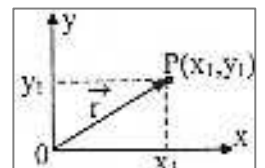
Traietorie - linia (dreaptă sau curbă) descrisă de un corp în cursul mișcării sale

Vector de poziție \vec{r} - vectorul care unește reperul cu poziția corpului studiat la un moment dat

$$r^2 = x_1^2 + y_1^2$$

Vector deplasare $\Delta\vec{r}$ - vectorul care unește poziția inițială cu poziția finală ale corpului studiat.

$$\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$$



!!! În mișcarea rectilinie vectorul deplasare coincide cu distanța parcursă!!!

!!! În mișcarea curbilinie vectorul deplasare este diferit de distanța parcursă!!!

Deformare - modificarea formei unui corp sub acțiunea unei forțe

Deformările pot fi: - elastice - când corpul revine la forma inițială după încetarea acțiunii forței deformatoare;

- plastice - când corpul nu mai revine la forma inițială după încetarea acțiunii forței deformatoare;

SR - sistem de referință

SRI - sistem de referință inerțial

MRU - mișcare rectilinie uniformă

MRUV - mișcare rectilinie uniform variată

MRUA - mișcare rectilinie uniform accelerată

MRUÎ - mișcare rectilinie uniform încetinită

MCU - mișcare circulară uniformă

1.Principiile mecanicii newtoniene și tipuri de forțe:

- principiul inerției (principiul I):

- o *Un corp își menține starea de repaus sau mișcare rectilinie uniformă atâta timp cât asupra sa nu acționează alte corpuri care să-i schimbe această stare mecanică.*
- o *Inerția = proprietatea corpurilor de a-și menține starea de repaus sau MRU atâta timp cât asupra lor nu acționează alte corpuri care să le schimbe această stare mecanică*
- o *Masa = măsura inerției corpurilor; $[m]_{SI} = 1kg$*

- sisteme de referință inerțiale:

- o Sistemul de referință (referențialul) este format din reper, riglă și ceas
- o Sistemul de referință inerțial (SRI):
 - Este sistemul de referință în care este valabil principiul inerției
 - SRI sunt în repaus sau MRU unele față de altele

Inteacțiunea; forța

- o Inteacțiunea = acțiunea reciprocă dintre două sau mai multe corpuri
- o Inteacțiunea poate fi:
 - La contact
 - La distanță (prin câmp)
- o Forța = mărimea fizică vectorială care măsoară interacțiunea
- o $[F]_{SI} = 1N$; newtonul este forța care, când acționează asupra unui corp cu masa de 1kg, îi imprimă o accelerație de 1N
- o Forțele pot fi:
 - Active - care "produc" mișcare - pozitive
 - Rezistente - care se opun mișcării - negative
- o Efectele forțelor:

- Dinamice - schimbarea stării de mișcare a unui corp
- Statice - schimbarea formei corpului (deformarea)

!!! Deseori efectele dinamice și statice ale forțelor apar simultan !!!

- principiul fundamental al dinamicii:

- o Vectorul forță este egal cu produsul dintre masă și vectorul accelerație.

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

- o Vectorii forță și accelerație au aceeași direcție și același sens
- o Impulsul punctului material = mărimea fizică vectorială egală cu produsul dintre masă și vectorul viteză.

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v} \quad ; \quad [p]_{SI} = 1N \cdot s$$

- o Impulsul și viteza au aceeași direcție și același sens
- o Forța medie care acționează asupra unui corp este egală cu variația impulsului în timp.

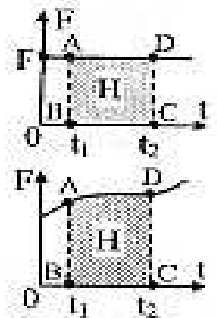
$$\vec{F}_m = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

Valoarea momentană a forței: $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{p}'(t)$

$$\Delta p = F \cdot \Delta t \Rightarrow [p]_{SI} = [F]_{SI} \cdot [t]_{SI} = 1N \cdot s$$

Unde notăm $\vec{H} = \vec{F} \cdot \Delta t$ impulsul forței

!!! Aria suprafeței mărginită de graficul forței în coordonate (F,t) și axa timpului între momentele inițial și final ale mișcării este numeric egală cu variația impulsului !!!



- unitatea de măsură a forței:

$$[F]_{SI} = [m]_{SI} \cdot [a]_{SI} = 1kg \cdot \frac{m}{s^2} = 1N \quad (\text{newton})$$

- o Newtonul este forța care, atunci când acționează asupra unui corp cu masa de 1kg îi imprimă o accelerație de 1m/s².

- principiul acțiunii și reacțiunii:

- o Dacă un corp acționează asupra unui alt corp cu o forță numită acțiune, atunci și cel de-al doilea corp acționează asupra primului cu o forță egală în mărime și de sens contrar numită reacțiune.

o OBS:

- Denumirile de acțiune și reacțiune sunt arbitrare
- Cele două forțe acționează asupra a două corpuri diferite

- principiul suprapunerii forțelor:

$$\vec{F}_1 = m \cdot \vec{a}_1$$

$$\vec{F}_2 = m \cdot \vec{a}_2$$

.....

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

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = m(\vec{a}_1 + \vec{a}_2 + \dots + \vec{a}_n) = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{a} = \vec{a}_1 + \vec{a}_2 + \dots + \vec{a}_n$$

$$\vec{R} = m \cdot \vec{a}$$

- o Dacă mai multe forțe acționează asupra unui punct material în același timp, fiecare forță produce propria sa accelerație în mod independent de acțiunea celorlalte, accelerația rezultantă fiind egală cu suma vectorială a accelerațiilor independente.

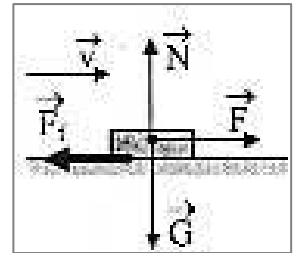
- forțele de contact dintre corpuri:

- o Sunt forțe care se exercită asupra unui prin contactul direct cu alt corp
- o Ex: forțe de tracțiune, de frecare, de deformare etc.

- legile frecării la alunecare

Forța de frecare

- ✓ se manifestă la suprafața de contact dintre două corpuri
- ✓ apare datorită întrepătrunderii asperităților microscopice ale suprafețelor celor două corpuri care alunecă unul peste celălalt
- ✓ este o forță rezistentă: $F_f < 0$
- ✓ poate fi:
 - o statică - dacă cele două corpuri sunt în repaus unul față de celălalt;
 - o cinetică (la alunecare) - când cele două corpuri alunecă unul peste celălalt;
 - o la rostogolire - când un corp se rostogolește peste celălalt
- ✓ caracteristici:
 - o are direcția vitezei și sens contrar acesteia
 - o punctul de aplicație la suprafața de contact dintre corpuri



Legile frecării:

1. Forța de frecare la alunecare dintre două corpuri nu depinde de aria suprafețelor aflate în contact.
2. Forța de frecare la alunecare dintre două corpuri este direct proporțională cu apăsarea normală pe suprafața de contact.

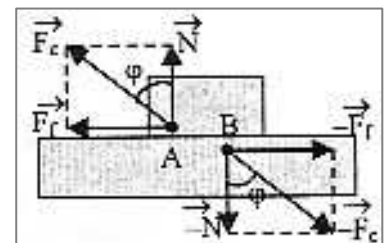
$$F_f \sim N$$

3. Forța de frecare la alunecare dintre două corpuri depinde de natura și de gradul de șlefuire al suprafețelor aflate în contact prin coeficientul de frecare la alunecare μ .

$$\vec{F}_f = \mu \cdot \vec{N}$$

- coeficientului de frecare la alunecare:

- o este o constantă specifică perechii de



suprafețe aflate în contact - depinde de natura și de gradul de șlefuire al celor două suprafețe

- o Nu depinde de viteza corpurilor aflate în contact
- o este o mărime adimensională: $[\mu]_{SI} = 1$
- o unghiul de frecare φ - unghiul planului înclinat care corpul alunecă rectiliniu uniform: $\mu = \text{tg}\varphi$
 - unghiul dintre normala la suprafața de contact și rezultanta forțelor de contact F_c

- forța de tensiune:

- o este forța de întindere care acționează în fire, cabluri, bare, tije etc. Supuse acțiunii unei forțe exterioare
- o acționează în toate punctele firului
- o dacă firul este ideal (masa neglijabilă și neelastic) are aceeași valoare în orice punct de-a lungul firului
- o într-un punct, acționează egal în ambele direcții, conform pr. acțiunii și reacțiunii

-forța deformatoare:

- o este forța care produce deformări
- o în cazul deformării elastice a unui fir, cablu, resort etc. Se aplică legea lui Hooke:

$$\Delta l = \frac{1}{E} \cdot \frac{F l_0}{S_0} \Leftrightarrow \frac{F}{S_0} = E \frac{\Delta l}{l_0} \Leftrightarrow \sigma = E \cdot \varepsilon$$

$$\text{SAU: } F = \frac{E \cdot S_0}{l_0} \cdot \Delta l \Leftrightarrow F = k \cdot \Delta l$$

Unde: $\Delta l = l - l_0$ - alungirea (deformația; notată și x)

l_0 - lungimea inițială a firului

l - lungimea finală a firului

E - modulul lui Young (modul de elasticitate) - specifică materialului

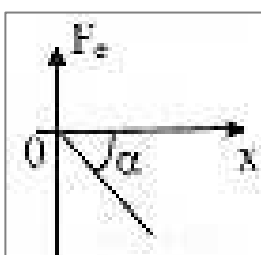
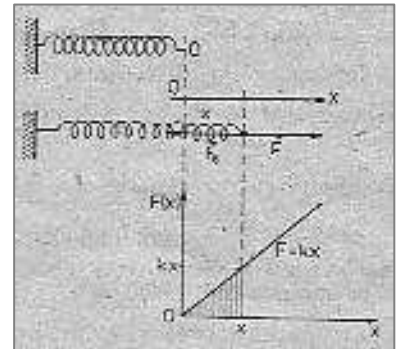
F - forța deformatoare

S_0 - aria secțiunii firului

$$\sigma = \frac{F}{S_0} \text{ - sarcină sau efort unitar; } [\sigma]_{SI} = 1 \frac{N}{m^2}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \text{ - alungire relativă; } [\varepsilon]_{SI} = 1$$

$$k = \frac{E \cdot S_0}{l_0} = \frac{F}{\Delta l} \text{ - constanta de elasticitate; } [k]_{SI} = 1 \frac{N}{m}$$



- forța elastică:

- o este proporțională cu valoarea deformației și de sens contrar acesteia
- o este egală în modul și de sens opus forței deformatoare
- o $\vec{F}_e = -k \cdot \vec{x}$

2. Cinematica punctului material:

- legea de mișcare:

- o Este o relație ce exprimă dependența de timp a vectorului de poziție

$$\vec{r} = \vec{r}(t)$$

- o Cu ajutorul proiecțiilor vectorului de poziție, pe componente, legea de mișcare se scrie:

$$x = x(t)$$

$$y = y(t)$$

!!! Graficul legii de mișcare este total diferit de traiectorie!!!

- viteza, vectorul viteză:

- o Viteza medie \vec{v}_m a unui punct material este egală cu raportul dintre vectorul deplasare $\Delta\vec{r}$ și durata mișcării Δt :

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{t_2 - t_1}$$

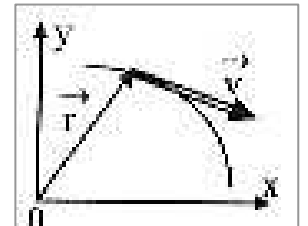
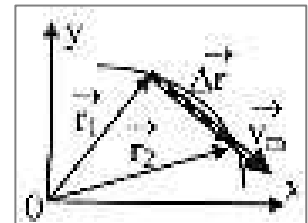
În modul: $v_m = \frac{d}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$; unde $d = x_2 - x_1$ este distanța parcursă

- o Viteza momentană sau instantanee este egală cu derivata în funcție de timp a legii de mișcare:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}(t)}{dt} = \vec{r}'(t)$$

- o Direcția și sensul:

- În mișcarea rectilinie viteza medie și momentană au direcția și sensul deplasării
- În mișcarea curbilinie viteza medie are direcția și sensul vectorului deplasare (secant la traiectorie)
- În mișcarea curbilinie viteza momentană are direcția tangentă la traiectorie și sensul deplasării



- o Unitate de măsură: $[v]_{SI} = \frac{[\Delta r]_{SI}}{[\Delta t]_{SI}} = 1 \frac{m}{s}$

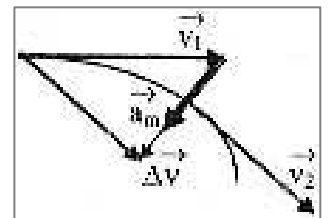
- acelerația, vectorul accelerație:

Accelerația medie:

- o este egală cu raportul dintre variația vectorului viteză și durata mișcării:

$$\vec{a}_m = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1}$$

- o are direcția și sensul variației vitezei: aceeași direcție cu deplasarea în mișcarea rectilinie; secantă la traiectorie, orientată către interiorul acesteia în mișcarea curbilinie.



Accelerația instantanee sau momentană:

- o este egală cu derivata vitezei în funcție de timp:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}(t)}{dt} = \vec{v}'(t)$$

- o are direcția și sensul variației vitezei: aceeași direcție cu deplasarea în mișcarea rectilinie; normală pe traiectorie, orientată către interiorul acesteia (de-a lungul razei de curbură) în mișcarea curbilinie.

Unitate de măsură: $[a]_{SI} = \frac{[v]_{SI}}{[t]_{SI}} = 1 \frac{m}{s^2}$

- o mișcarea circulară cu accelerație constantă în modul este mișcarea circulară
- o după sensul accelerației, $a = \text{constant}$, mișcarea rectilinie poate fi:
 - ✓ mișcare rectilinie uniformă dacă $a = 0$
 - ✓ mișcare rectilinie uniform accelerată dacă $a > 0$
 - ✓ mișcare rectilinie uniform încetinită dacă $a < 0$

!!! În mișcarea curbilinie întotdeauna $\vec{a} \neq 0$ deoarece viteza își modifică direcția și sensul !!!

- legea mișcării rectilinii uniforme (MRU):

- o este mișcarea pe o traiectorie rectilinie cu viteză constantă
- o $a = 0$; $v_m = v$
- o legea MRU:
 - ✓ vectorial: $\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{v}(t - t_0) = \vec{r}_0 + \vec{v} \cdot \Delta t$
 - ✓ scalar: $x(t) = x_0 + v(t - t_0) = x_0 + v \cdot \Delta t$
 - ✓ dacă notăm: $d = x - x_0 \Rightarrow d = v \cdot \Delta t$

- legea mișcării rectilinii uniform variate:

- o este mișcarea pe o traiectorie rectilinie cu accelerație constantă
- o $\vec{a}_m = \vec{a}$
- o Notăm: v - viteza la momentul t
 v_0 - viteza la momentul inițial t_0
 \vec{r} - vectorul de poziție la momentul t
 \vec{r}_0 - vectorul de poziție la momentul inițial t_0
 x, x_0 - coordonatele obiectului la momentele t și t_0
 a - accelerația
 $d = x - x_0$ - distanța parcursă
 $\Delta t = t - t_0$ - durata mișcării
- o Dacă:
 - $a > 0$ - mișcare rectilinie uniform accelerată (MRUA)
- viteza crește
 - $a < 0$ - mișcare rectilinie uniform încetinită (MRUÎ)
- viteza scade
- o legea vitezei: $\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \vec{a} \cdot (t - t_0) = \vec{v}_0 + \vec{a} \cdot \Delta t$
 scalar: $v(t) = v_0 \pm a \cdot \Delta t$, unde $\Delta t = t - t_0$
- o legea de mișcare: $\vec{r}(t) = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 \cdot \Delta t + \frac{1}{2} \vec{a} \cdot \Delta t^2$
 scalar: $x = x_0 \pm v_0 \cdot \Delta t \pm \frac{1}{2} a \cdot \Delta t^2$;

notând: $d = x - x_0 \Rightarrow d = \pm v_0 \cdot \Delta t \pm \frac{1}{2} a \cdot \Delta t^2$

o ecuația lui Galilei: $v^2 = v_0^2 \pm 2 \cdot a \cdot d$

o în cazul MRUÎ ($a < 0$; $v_0 \neq 0$) corpul se poate opri:

✓ timpul până la oprire: $T = \frac{v_0}{a}$

✓ distanța până la oprire: $D = \frac{v_0^2}{2a}$

o în cazul mișcării sub acțiunea greutății $G = m \cdot g$, pe verticală, accelerația este egală cu accelerația gravitațională:

✓ aruncarea pe verticală în jos: $g > 0$

• legea vitezei: $v = v_0 + g \cdot \Delta t$

• legea de mișcare: $h = v_0 \cdot \Delta t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot \Delta t^2$

• ecuația lui Galilei: $v^2 = v_0^2 + 2gh$

✓ căderea liberă ($v_0 = 0$, $g > 0$):

• legea vitezei: $v = g \cdot \Delta t$

• legea de mișcare: $h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot \Delta t^2$

• ecuația lui Galilei: $v^2 = 2gh$

✓ aruncarea pe verticală în sus: $g < 0$

• legea vitezei: $v = v_0 - g \cdot \Delta t$

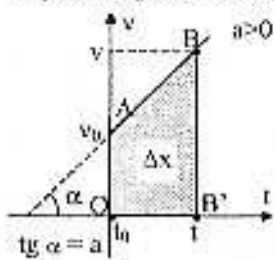
• legea de mișcare: $h = v_0 \cdot \Delta t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot \Delta t^2$

• ecuația lui Galilei: $v^2 = v_0^2 - 2gh$

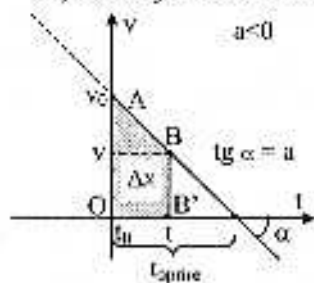
• înălțimea maximă atinsă: $H = \frac{v_0^2}{2g}$

• timpul de urcare este egal cu cel de coborâre: $T = \frac{v_0}{g}$

Mișcare uniform accelerată



Mișcare uniform încetinită


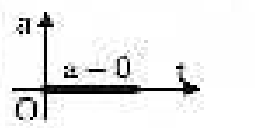
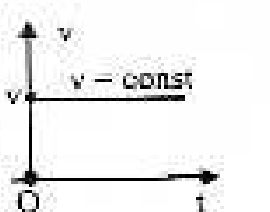
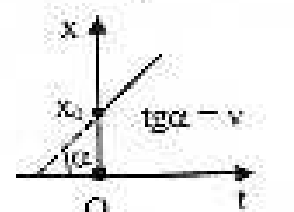

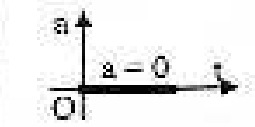
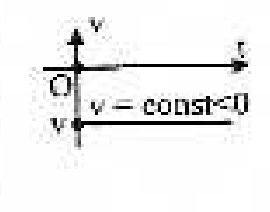
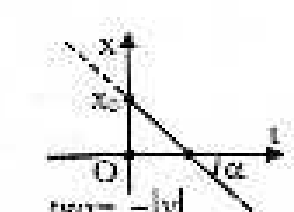


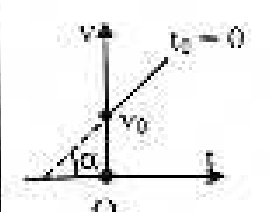
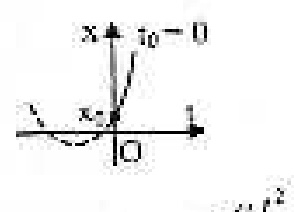

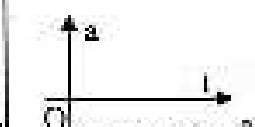
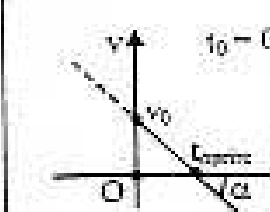
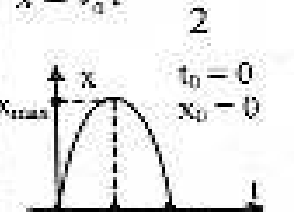


!!! Aria mărginită de graficul vitezei în coordonate (v, t) și axa timpului între punctele inițial și final ale mișcării este numeric egală cu distanța parcursă !!!

!!! Aria mărginită de graficul accelerației în coordonate (a, t) și axa timpului între punctele inițial și final ale mișcării este numeric egală cu variația vitezei !!!

și final ale mișcării este numeric egală cu variația vitezei !!!

Reprezentări grafice:

<p>Mișcarea rectilinie și uniformă: $v > 0$</p> 			<p>$x = x_0 + vt$</p> 
<p>Mișcarea rectilinie și uniformă: $v < 0$</p> 			<p>$x = x_0 - v t$</p> 
<p>Mișcare rectilinie uniform accelerată: $a > 0$</p> 		<p>$v = v_0 + at$</p> 	 <p>$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$</p>
<p>Mișcare rectilinie uniform încetinită: $a < 0$</p> 		<p>$v = v_0 - a t$</p> 	<p>$x = v_0 t - \frac{ a t^2}{2}$</p> 

- mărimi fizice caracteristice mișcării uniforme circulare (perioadă, frecvență, viteză unghiulară, accelerație centripetă):

Mișcarea circulară uniformă (MCU) - este mișcarea pe o traiectorie în formă de cerc, cu viteză constantă în modul.

o $|\vec{v}| = \text{const.}$

$\vec{v} \neq \text{const.}$

- o Este o mișcare periodică - se repetă la intervale de timp egale

Mărimi caracteristice:

- o Perioada T = durata unei rotații complete

$$T = \frac{\Delta t}{N} ; [T]_{SI} = 1s$$

Unde Δt = durata mișcării

N = total numărul de rotații

- o Frecvența ν = numărul de rotații efectuate în unitatea de timp

$$\nu = \frac{N}{\Delta t} ; [\nu]_{SI} = 1s^{-1} = 1Hz$$

- o Frecvența și perioada sunt mărimi inverse

$$T \cdot \nu = 1 \Leftrightarrow T = \frac{1}{\nu} \Leftrightarrow \nu = \frac{1}{T}$$

- o Turația n = numărul de rotații efectuate într-un minut

$$n = 60 \cdot \nu \Leftrightarrow \nu = \frac{n}{60}$$

- o Raza vectorie \vec{r} = vectorul care unește centrul traiectoriei cu poziția corpului la un moment dat pe cerc

- o Viteza unghiulară ω = unghiul la centru $\Delta\theta = \theta - \theta_0$ traversat de raza vectorie în unitatea de timp

Unde θ - unghiul făcut cu axa Ox de raza vectorie la momentul t ; θ_0 - unghiul făcut cu axa Ox de raza vectorie la momentul inițial t_0 ;

$[\theta]_{SI} = 1rad$

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_0 - \theta}{t - t_0} ; [\omega]_{SI} = \frac{[\theta]_{SI}}{[t]_{SI}} = 1 \frac{rad}{s}$$

- o Radianul (rad) este unghiul la centru care subscie un arc de cerc cu lungimea egală cu raza cercului:

$$1rad = \frac{360^0}{2\pi} ; \Delta s = r \cdot \Delta\theta$$

corespondență: $180^0 \rightarrow \pi(rad)$

- o Viteză liniară \vec{v} = distanța parcursă de corp pe cerc (lungimea arcului de cerc Δs) în unitatea de timp:

✓ $v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = r \frac{\Delta\theta}{\Delta t} ;$

✓ $[v]_{SI} = 1 \frac{m}{s}$

✓ Este tangentă la traiectorie și are sensul deplasării

- o Accelerația centripetă \vec{a}_{cp} = variația vectorului viteză în unitatea de timp:

$$\checkmark \vec{a}_{cp} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

$$\checkmark [a_{cp}]_{SI} = 1 \frac{m}{s^2}$$

- ✓ Are direcția razei traiectoriei și sensul către centrul cercului
- o Relații de legătură între mărimile specifice:

$$\checkmark \omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$$

$$\checkmark v = \omega \cdot r = 2\pi\nu \cdot r = \frac{2\pi}{T} \cdot r$$

$$\checkmark a_{cp} = \frac{v^2}{r} = \omega \cdot v = \omega^2 \cdot r$$

- forța centripetă:

- o Este forța care menține corpul în mișcare rectilinie uniformă
- o Imprimă corpului accelerația centripetă

$$\circ \vec{F}_{cp} = m \cdot a_{cp} = m \cdot \frac{v^2}{r} = m \cdot \omega \cdot v = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

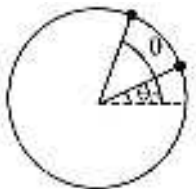
- o Are direcția razei traiectoriei și sensul către centrul cercului
- o Rol de forță centripetă pot juca tensiunea dintr-un fir legat de un corp care se rotește, atracția gravitațională, interacțiunea electrică etc.

- forța centrifugă

- o Este o forță inerțială specifică mișcării curbilinii
- o Are direcția razei de curbură și sensul către exteriorul cercului

$$\circ \vec{a}_{cf} = -\vec{a}_{cp} \Leftrightarrow \vec{F}_{cf} = -\vec{F}_{cp}$$

$$\circ \vec{F}_{cf} = m \cdot a_{cf} = -m \cdot a_{cp} = -m \cdot \frac{v^2}{r} = -m \cdot \omega \cdot v = -m \cdot \omega^2 \cdot r$$



- legea de mișcare pentru mișcarea uniform circulară:

$$\theta = \theta_0 + \omega(t - t_0)$$

3. Teoreme de variație și legi de conservare în mecanică:

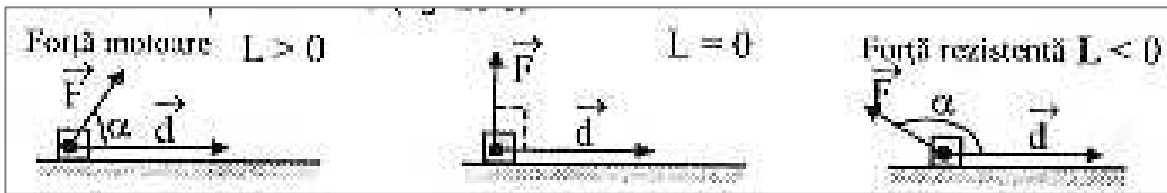
- lucrul mecanic - mărime de proces:

- o O forță care acționează asupra unui corp efectuează un lucru mecanic atunci când punctul ei de aplicație se deplasează pe o distanță d ($\Delta \vec{r} = \vec{d}$)
- o Este o mărime fizică scalară
- o *Lucrul mecanic al unei forțe constante \vec{F} care își deplasează punctul de aplicație pe o distanță \vec{d} este egal cu produsul scalar dintre vectorii forță și deplasare:*

$$L = \vec{F} \cdot \vec{d} = F \cdot d \cdot \cos \alpha ;$$

unde α = unghiul dintre vectorii \vec{F} și \vec{d}

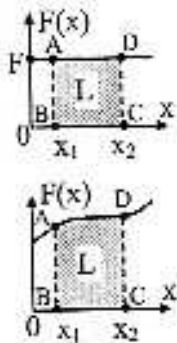
o Lucrul mecanic poate fi:



- ✓ Dacă $\alpha = 0 \Rightarrow \cos \alpha = 1 \Rightarrow L = \vec{F} \cdot \vec{d} = F \cdot d$
- ✓ Dacă $\alpha \in \left(0, \frac{\pi}{2}\right) \Rightarrow L > 0$ (forța motoare efectuează un lucru mecanic motor, pozitiv)
- ✓ Dacă $\alpha = \pi \Rightarrow \cos \alpha = -1 \Rightarrow L = -F \cdot d$
- ✓ Dacă $\alpha \in \left(\frac{\pi}{2}, \pi\right) \Rightarrow L < 0$ (forța rezistentă efectuează un lucru mecanic rezistent, negativ)
- ✓ Dacă $\alpha = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \cos \alpha = 0 \Rightarrow L = 0$ (forța normală pe direcția de deplasare nu efectuează lucru mecanic; poate influența forța de frecare)

- unitatea de măsură a lucrului mecanic:

- o $[L]_{SI} = [F]_{SI} \cdot [d]_{SI} = 1N \cdot m = 1J$ (joule)
- o Un joule este lucrul mecanic efectuat de o forță de 1N pentru a-și deplasa punctul de aplicație cu 1m pe direcția și în sensul forței.



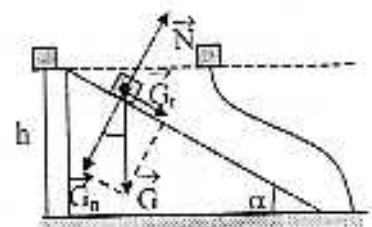
- interpretarea geometrică a lucrului mecanic:

- o Lucrul mecanic al unei forțe $\vec{F} = \vec{F}(x)$ al cărei punct de aplicație se deplasează pe distanța $d = x_2 - x_1$ este numeric egal cu aria suprafeței mărginită de graficul forței în coordonate (F, x) și axa Ox între punctele inițial și final ale mișcării.

$$o \quad L = \int_{x_1}^{x_2} F(x) dx \quad ; \quad \text{vectorial: } L = \int_{r_1}^{r_2} \vec{F} d\vec{r}$$

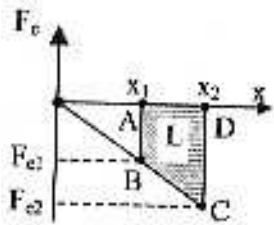
- expresia matematică a lucrului mecanic efectuat de greutate în câmp gravitațional uniform:

- o lucrul mecanic al greutății este egal cu produsul dintre modulul greutății G și diferența de înălțime h dintre punctele inițial și final ale mișcării
- o $L = mgh$
- o Este independent de drumul parcurs
- o Câmpul gravitațional este un câmp



conservativ de forțe: câmpul forțelor al căror lucru mecanic depinde numai de pozițiile inițială și finală, fiind independent de drumul parcurs.

- expresia matematică a lucrului mecanic efectuat de forța elastică:



- o Se calculează prin metoda grafică (aria trapezului ABCD), forța elastică fiind o forță variabilă;
- o dacă alungirea variază de la x_1 la x_2 ,

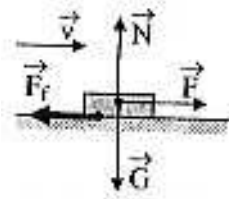
$$L = -\frac{kx_2^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2}$$

- o dacă resortul este inițial nedeformat ($x_1=0$), iar deformarea finală este $x_2=x$,

$$L = -\frac{kx^2}{2}$$

- o semnul (-) arată faptul că forța elastică are sens opus deplasării, este o forță rezistentă, deci efectuează un lucru mecanic rezistent (negativ)
- o forța deformatoare (forță activă) efectuează un lucru mecanic egal și de semn contrar (activ) cu al forței elastice.

- lucrul mecanic efectuat de forța de frecare la alunecare:



- o forțele de frecare sunt forțe rezistente, deci vor avea un lucru mecanic rezistent

$$L_f = -\mu Nd \quad ; \quad \text{unde } d - \text{distanța parcursă}$$

- o Pentru deplasarea pe o suprafață orizontală sub acțiunea unei forțe paralele cu deplasarea:

$$N = mg \Rightarrow L_f = -\mu mgd$$

- puterea dezvoltată de o forță constantă:

- o puterea mecanică medie este mărimea fizică scalară egală cu raportul dintre lucrul mecanic efectuat și timpul necesar producerii acestuia:

$$P_m = \frac{L}{\Delta t}$$

- o puterea momentană: $P = \frac{dL}{dt} = L'$ sau $P = F \cdot v$

- unitatea de măsură a puterii:

$$[P]_{SI} = \frac{[L]_{SI}}{[t]_{SI}} = \frac{1J}{1s} = 1W \quad (\text{watt})$$

- o Un watt este puterea unui sistem care efectuează un lucru mecanic de 1J într-o secundă
- o Unitate de măsură tolerată: 1 cal putere (notat și 1CP) = 736W

- energia mecanică E - mărime de stare:

- o este o mărime fizică scalară ce caracterizează starea unui sistem mecanic
- o caracterizează capacitatea unui sistem mecanic de a efectua lucru mecanic

- o lucrul mecanic total efectuat de un sistem mecanic la trecerea dintr-o stare în alta: $L = \Delta E$
- o $[E]_{SI} = 1J$

- energia cinetică a unui punct material:

- o Este energia pe care o posedă un corp aflat în mișcare
- o *Energia cinetică a unui corp cu masa m care se deplasează cu viteza \vec{v} față de un sistem de referință, este egală cu semiprodusul dintre masa și pătratul vitezei sale:*

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

- o Același corp poate avea energii cinetice diferite dacă îi raportăm mișcarea la sisteme de referință diferite

- teorema de variație a energiei cinetice a punctului material:

- o *Variația energiei cinetice a unui punct material care se deplasează în raport cu un SRI este egală cu lucrul mecanic efectuat de forța rezultantă care acționează asupra punctului material în timpul acestei variații:*

$$\Delta E_c = L$$

- o Energia cinetică a unui sistem este egală cu suma energiilor cinetice ale tuturor componentelor sistemului

- forța conservativă:

- o *Este forța al cărei lucru mecanic nu depinde de drumul parcurs, depinde numai de pozițiile inițială și finală*
- o Ex: greutatea, forța elastică, forța electrostatică

- energia potențială:

- o Este energia pe care o are un corp datorită poziției sale într-un câmp conservativ de forțe

- relația de definiție a energiei potențiale:

- o *Variația energiei potențiale a unui sistem mecanic este egală și de semn opus cu lucrul mecanic efectuat de forțele conservative care acționează în interiorul sistemului*

$$\Delta E_p = -L_{\text{conservativ}}$$

- o Pentru a determina energia potențială a unei stări a sistemului mecanic trebuie stabilită arbitrar o stare de referință, căreia să îi corespundă energia potențială egală cu zero.

- variația energiei potențiale gravitaționale a sistemului format din corpul de masă m și Pământ:

- o Se consideră uniform câmpul gravitațional
- o Când distanța de la corp până la Pământ se modifică de la h la h' :

$$\Delta E_p = (E_p)_{\text{final}} - (E_p)_{\text{inițial}} = mgh' - mgh$$

- o Dacă se atribuie valoarea zero energiei potențiale a corpului aflat pe Pământ, când acesta se află la înălțimea h va avea energia potențială:

$$E_p = mgh$$

- variația energiei potențiale de tip elastic a sistemului corp - resort elastic:

- o Atunci când deformarea unui resort se modifică de la x_1 la x_2 , variația energiei potențiale este:

$$\Delta E_p = (E_p)_2 - (E_p)_1 = \frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}$$

- o Dacă se atribuie convențional energie potențială zero stării nedeformate a resortului, energia sa potențială când deformarea este x :

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

- legea conservării energiei mecanice:

- o Energia mecanică a unui corp este egală cu suma dintre energiile cinetică și potențială ale corpului la un moment dat
- o Într-un câmp conservativ de forțe, energia mecanică a unui corp se conservă (este constantă)

$$E = E_c + E_p = \text{constantă}$$

- o În timpul mișcării energia cinetică se poate transforma în energie potențială și invers astfel încât suma lor să rămână constantă
- o Dacă în sistem acționează forțe neconservative (ex: forța de frecare) energia mecanică nu se mai conservă

- teorema de variație a impulsului unui punct material:

- o Variația impulsului punctului material este egală cu impulsul forței aplicate acestuia:

$$\Delta \vec{p} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

- o Se consideră masa corpului constantă

$$\vec{F} = ma = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \Rightarrow m \cdot \Delta \vec{v} = \vec{F} \cdot \Delta t \Rightarrow \Delta \vec{p} = \vec{F} \cdot \Delta t = \vec{H} ;$$

unde $\vec{H} = \vec{F} \cdot \Delta t$ este impulsul forței

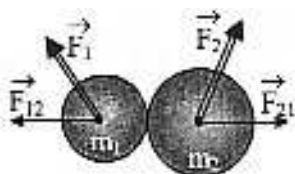
- legea conservării impulsului punctului material:

- o Impulsul unui punct material izolat se conservă în SRI:

$$\vec{F} = 0 \Leftrightarrow \Delta \vec{p} = 0 \Leftrightarrow \vec{p} = \text{const.} \Leftrightarrow \vec{p}_{\text{inițial}} = \vec{p}_{\text{final}}$$

- teoremei de variație a impulsului total al unui sistem format din două puncte materiale:

- o Impulsul total \vec{P} al unui sistem de două puncte materiale este egal cu suma impulsurilor punctelor materiale din sistem: $\vec{P} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$
- o Într-un sistem mecanic pot acționa două tipuri de forțe:



- ✓ Forțe interne (F_{12} , F_{21}) care au rezultantă nulă; ele pot redistribui impulsul între punctele materiale din sistem, fără a modifica valoarea impulsului total
- ✓ Forțe externe (F_1 , F_2) care acționează din exterior asupra sistemului și pot modifica

impulsul total; rezultanta lor este: $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

- o Variația impulsului total al unui sistem de 2 puncte materiale într-un interval de timp Δt , este egală cu impulsul rezultantei forțelor externe ce acționează asupra sistemului în acest interval de timp:

$$\Delta \vec{P} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

unde $\vec{F} \cdot \Delta t$ este impulsul rezultantei forțelor externe

- legea conservării impulsului total:

- o Impulsul total al unui sistem izolat se conservă (rămâne constant)

$$\vec{F} = 0 \Leftrightarrow \Delta \vec{P} = 0 \Leftrightarrow \vec{P} = \text{const.} \Leftrightarrow \vec{P}_{\text{inițial}} = \vec{P}_{\text{final}}$$

- ciocniri:

- o Ciocnirea este interacțiunea dintre două sau mai multe corpuri cu durată fiită, foarte mică
- o Înainte și după ciocnire corpurile nu interacționează

- ciocniri plastice:

- o În cazul în care, în urma ciocnirii corpurile rămân unite, ciocnirea se numește plastică
- o Viteza \vec{u} a corpului rezultat în urma ciocnirii:

$$\vec{u} = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{m_1 + m_2}$$

Unde m_1, m_2 - masele corpurilor implicate în ciocnire

$\vec{v}_1; \vec{v}_2$ - vitezele celor două corpuri imediat

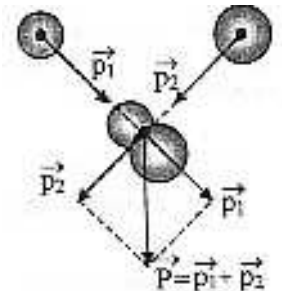
înainte de ciocnire

- o în timpul ciocnirii plastice, o parte din energia cinetică inițială a corpurilor se transformă în alte forme de energie, de obicei căldură Q :

$$Q = -\Delta E_c = \frac{1}{2} \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} \cdot (v_1 - v_2)^2 = \frac{1}{2} \cdot m_r \cdot v_r^2$$

Unde $m_r = \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2}$ se numește masă redusă a sistemului

$v_r = v_1 - v_2$ se numește viteză relativă a unui corp față de celălalt



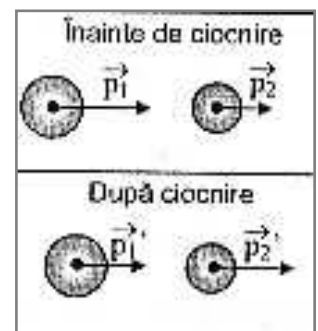
- ciocniri perfect elastice:

- o este ciocnirea în urma căreia corpurile se separă, fără să fi suferit deformări în timpul ciocnirii, urmându-i mișcarea independent
- o Se aplică legile conservării impulsului și energiei:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}'_1 + \vec{p}'_2 \Rightarrow m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$$

$$E_{c1} + E_{c2} = E'_{c1} + E'_{c2} \Rightarrow m_1 v_1^2 + m_2 v_2^2 = m_1 u_1^2 + m_2 u_2^2$$

- o Se consideră ciocnirea în plan orizontal, deci energia potențială este constantă, variind numai energia cinetică
- o Vitezele u_1 și u_2 ale celor două corpuri în urma ciocnirii vor fi:



$$u_1 = 2 \cdot \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} - v_1$$

$$u_2 = 2 \cdot \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} - v_2$$

- o Viteza relativă a unui corp față de celălalt înainte de ciocnire își schimbă semnul, dar are același modul după ciocnire:

$$u_r = u_1 - u_2 = -(v_1 - v_2) = -v_r$$

- o *Cazuri particulare:*

- ✓ Ciocnirea unidirecțională dintre două corpuri cu mase egale:

$u_1 = v_2$; $u_2 = v_1$ \Rightarrow corpurile schimbă vitezele între ele ca și cum ar trece unul pe lângă altul fără să se atingă

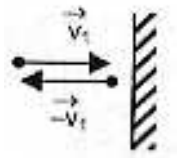
- ✓ Ciocnirea frontală cu un corp cu masă foarte mare (cu un perete) $m_2 \gg m_1$ astfel încât viteza acestuia nu se schimbă:

$$u_1 = 2v_2 - v_1 \quad ; \quad u_2 = v_2$$

- ✓ Ciocnirea frontală cu un perete aflat în repaus:

$$u_1 = -v_1 \quad ; \quad u_2 = v_2 = 0$$

\Rightarrow viteza după ciocnire a primului corp este egală și de semn contrar cu viteza înainte de ciocnire



BIBLIOGRAFIE:

- ❖ Luca, Rodica; Perjoiu, Rodica - Fizică Bac - Cum să reușim la examene; Editura Polirom, București, 2005
- ❖ Hristev, A; Fălie, V; Manda, D. - Fizică, manual pentru clasa a IX-a; Editura didactică și pedagogică, RA, București, 1997