Vezi nota te

www.chs.utcluj.ro/webphysics/Physics.html

FIZICA TEHNICĂ.

FIZICĂ TEHNICĂ

Fac. Inginerie Electrică
UTCN

Bibliografie

1. D. Halliday, R. Resnik, Fizică vol. I, II, EDP București (1975)

2. E. Luca, Gh. Zet și alții – Fizică Generală, EDP București

3. E. Culea, "Fizica pentru ingineri", Ed. Risoprint, Cluj-Napoca, 2010

4. H.D. Young, R.A. Freedman – Sears and Zemansky's University Physics with Modern Physics Technology update (lb. engleză), Pearson – 2013.
   Ro: EDP București 1993

5. Web page: www.chs.utcluj.ro/webphysics/Physics.html
   www.phys.utcluj.ro/PersonalFile/Cursuri/BarleaCurs.html

CURS Nr. 1

Mărimi fizice și unități de măsură
Vectori și operații cu vectori
Cinematica punctului material

(1) Introducere. Unități de măsură. Mărimi fizice scalare și vectoriale

→ Fizica este o știință experimentală

Fizicienii observă fenomene din natură și încearcă să le explice, să le relaționeze

⇒ teorii fizice, legi fizice, principii, ...

Algoritm general de rezolvare a unei probleme de fizică:

Identificarea conceptelor relevante

↓

Formularea problemei

↓

Executarea soluției = rezolvarea

↓

Evaluarea răspunsului. Discuții

Model fizic = versiune simplificată a unui sistem fizic care ar fi mult prea complex/complicat pt a fi analizat în toate detaliile

ex: minge adevărată în mișcare ⇒ aproximația punctului material

(dimensiune/forma fizică neglijate).

Standarde și unități de măsură

→ experimentele implică măsurători

→ rezultatul unui experiment (măsurătoare) se exprimă printr-un număr. (mărime)

- mărime fizică

= orice mărime folosită pentru a descrie cantitativ un fenomen fizic

ex: greutate, înălțime, lungime, ...

Standarde de referință

Când măsurăm o mărime fizică întotdeauna o comparăm cu un standard de referință

⇒ unități de măsură

SI { timp → [secunde]
lungime → [metru]
masa → [kilogram]

Multipli și submultipli

ex: m
$mm = 10^{-3} m$
$\mu m = 10^{-6} m$
$Km = 10^{3} m$
etc.

Sistemul britanic

lungime : 1 inch = 2,54 cm

unitate de forță : 1 pound = 4,448221615260 N

$10^{26} m \longleftrightarrow 1 m \longleftrightarrow 10^{-10} m \longleftrightarrow 10^{-14} m$

Limita observabilă a universului — dim. umană — raza atomului — raza nucleului

Precizie și acuratețe (exactitate)

- noțiuni care definesc calitatea unei măsurători în sens metrologic, pe baze statistice (Wiki)

Exactitatea: unei măsurători/metode arată măsura în care aceasta permite obținerea unui rezultat apropiat de realitate.

Precizia unei metode analitice redă gradul de dispersie a rezultatelor obținute pe aceeași probă în aceleași condiții de lucru, în jurul valorii medii

O măsurătoare/metodă de analiză poate fi precisă dar mai puțin exactă sau invers.

ex

TIR.

- precizie mare
- exactitate mică

- precizie mică
- exactitate mai bună.

Obs: Orice măsurătoare este afectată de imprecizie și eroare (ex: erori subiective → factor uman
erori sistematice → metodă/aparat).

Pt. a indica acuratețea unei valori măsurate se folosește simbolul ± urmat de valoarea incertitudinii (bara de eroare)

ex: Lungime măsurată:

$$56,47 \pm 0,02 \text{ mm}$$

$$\Rightarrow \boxed{5,45 < V < 5,49 \text{ mm}}$$

Obs: Vezi seminar 1 pt mai multe exemple/detalii.
ex cifre semnificative, etc...

Vectori și operații cu vectori

Mărimi scalare

ex: timp [s], temperatura [K, °C..], masa [kg], volumul [m³], densitatea [kg/m³]

↳ pot fi descrise complet printr-un singur **număr** și o **unitate de măsură**

Mărimi vectoriale

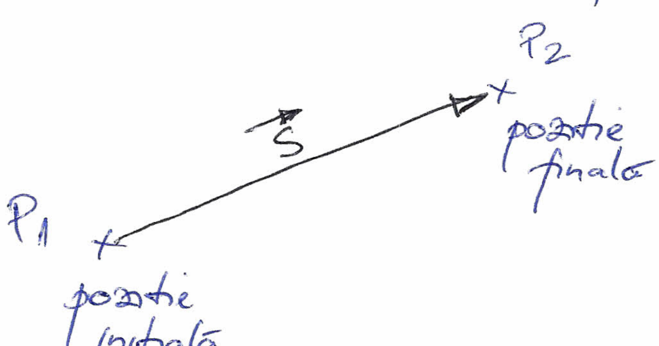
descrise prin 3 elemente: $\vec{A}$

modul $|\vec{A}| = A$

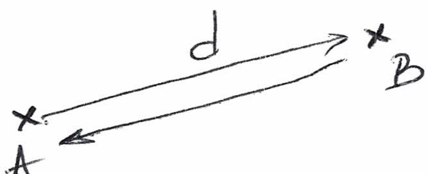
direcție
în spațiu
sens

reprezentare vector

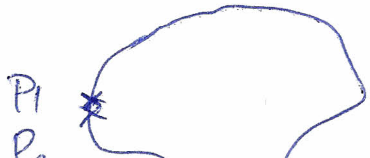
ex: Vectorul deplasare = linie dreaptă care conectează punctul de plecare cu punctul de sosire



vectorul deplasare nu depinde de drumul urmat (traiectorie)



deplasare ≠ distanța
(zero) 2d.



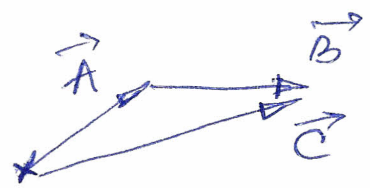
dacă $P_1 = P_2$ punct inițial = punct final ⇒ vector deplasare zero.

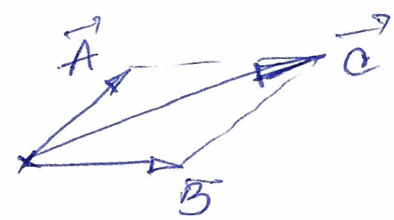
Operații cu vectori

Grafic

① Adunarea vectorilor

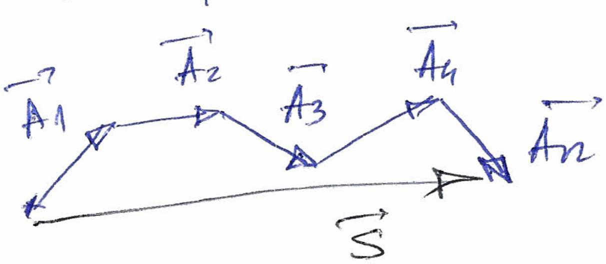
$$\vec C = \vec A + \vec B$$





regula paralelogramului

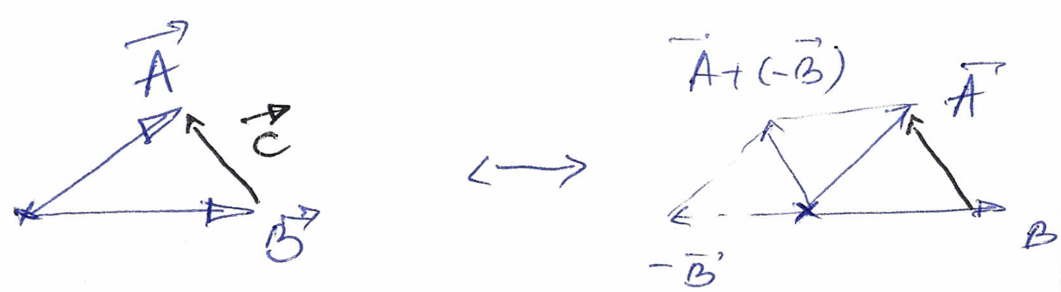
Regula poligonului : n-vectori



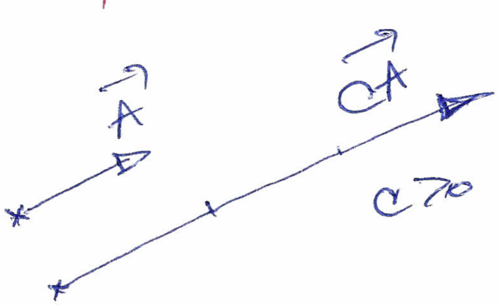
$$\vec S = \vec A_1 + \vec A_2 + \dots + \vec A_n = \sum_i \vec A_i$$

② Scăderea

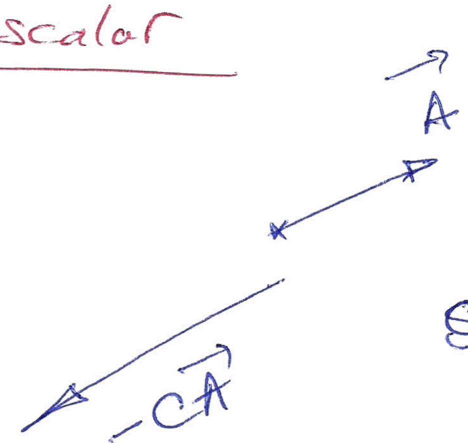
$$\boxed{\vec C = \vec A - \vec B = \vec A + (-\vec B)}$$



③ Multiplicarea cu un scalar



scalar pozitiv

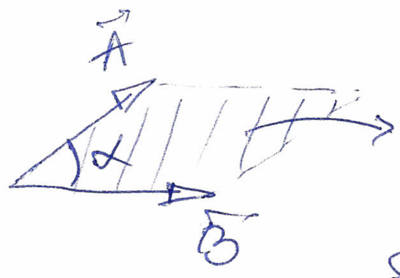


Scalar negativ

(4) Produs scalar

$$\boxed{C = \vec{A} \cdot \vec{B}}$$

mărime scalară

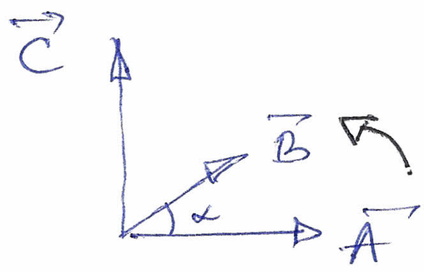


$$C = \vec{A} \cdot \vec{B} = AB \cos\alpha$$

semnificație geometrică: aria paralelogramului construit cu cei 2 vectori

(5) Produs vectorial

$$\vec{C} = \vec{A} \times \vec{B}$$



regula mâinii drepte sau burghiului drept

$\vec{C} \perp$ pe planul $(\vec{A}, \vec{B})$

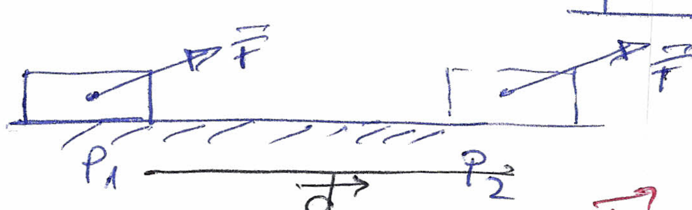
modul: $\boxed{C = AB \sin\alpha}$

<u>obs</u>: Produsul vectorial este anticomutativ

$\Rightarrow \boxed{\vec{A} \times \vec{B} = - \vec{B} \times \vec{A}}$

<u>Ex</u>:

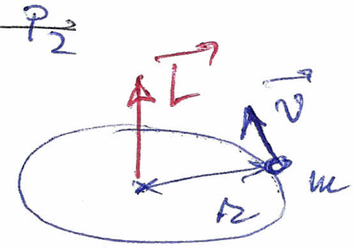
- <u>Produs scalar</u>: <u>Lucrul mecanic</u>: $\boxed{W = \vec{F} \cdot \vec{d}}$



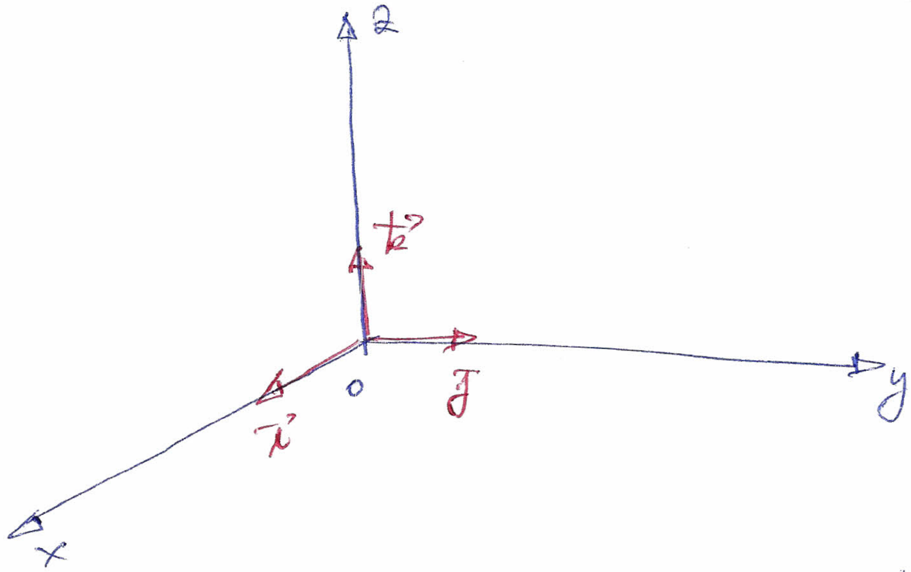
- <u>Produs vectorial</u>

Momentul cinetic

$$\boxed{\vec{L} = \vec{r} \times m\vec{v}}$$



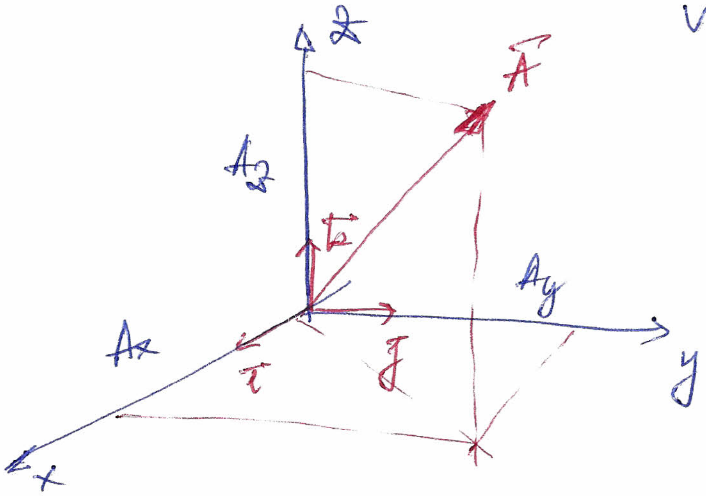
Reprezentarea analitică a vectorilor



sistem de coordonate Oxyz CARTEZIAN

vectori unitate

versori $|\vec{i}|=|\vec{j}|=|\vec{k}|=1$



$$\boxed{\vec{A}=A_x\vec{i}+A_y\vec{j}+A_z\vec{k}}$$

(3D)

A_x, A_y, A_z = componente ale vectorului pe Ox, Oy, Oz

(2D) $\vec{A}=A_x\vec{i}+A_y\vec{j}$

Suma și diferența

$$\vec{A}=A_x\vec{i}+A_y\vec{j}+A_z\vec{k}$$

$$\vec{B}=B_x\vec{i}+B_y\vec{j}+B_z\vec{k}$$

$$\vec{C}=\vec{A}+\vec{B}=(A_x+B_x)\vec{i}+(A_y+B_y)\vec{j}+(A_z+B_z)\vec{k}$$

$$\vec{C}=\vec{A}-\vec{B}=(A_x-B_x)\vec{i}+(A_y-B_y)\vec{j}+(A_z-B_z)\vec{k}$$

Multiplicarea cu un scalar

$$c\vec{A} = cA_x\vec{i} + cA_y\vec{j} + cA_z\vec{k}$$

fiecare componentă se multiplică cu scalarul respectiv.

Produsul scalar

$$\vec{A}\cdot\vec{B} = (A_x\vec{i} + A_y\vec{j} + A_z\vec{k})\cdot(B_x\vec{i} + B_y\vec{j} + B_z\vec{k})$$

$$= A_xB_x\,\vec{i}\cdot\vec{i} + \cancel{A_xB_y\,\vec{i}\cdot\vec{j}} + \cancel{A_xB_z\,\vec{i}\cdot\vec{k}} +$$

$$+ \cancel{A_yB_x\,\vec{j}\cdot\vec{i}} + A_yB_y\,\vec{j}\cdot\vec{j} + \cancel{A_yB_z\,\vec{j}\cdot\vec{k}} +$$

$$+ \cancel{A_zB_x\,\vec{k}\cdot\vec{i}} + \cancel{A_zB_y\,\vec{k}\cdot\vec{j}} + A_zB_z\,\vec{k}\cdot\vec{k}$$

$$\vec{i}\cdot\vec{i} = \vec{j}\cdot\vec{j} = \vec{k}\cdot\vec{k} = 1\cdot 1\cdot\cos(0) = 1$$

$$\vec{i}\cdot\vec{j} = \vec{i}\cdot\vec{k} = \vec{j}\cdot\vec{k} = 1\cdot 1\cdot\cos(90^\circ) = 0$$

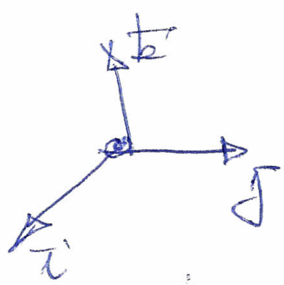
$$\Rightarrow \boxed{\vec{A}\cdot\vec{B} = A_xB_x + A_yB_y + A_zB_z}$$

Produsul vectorial

$$\vec{A}\times\vec{B} = (A_x\vec{i} + A_y\vec{j} + A_z\vec{k})\times(B_x\vec{i} + B_y\vec{j} + B_z\vec{k})$$

similar cu mai sus dar în loc de $\cdot$ avem $\times$

$$\vec{i}\times\vec{i} = \vec{j}\times\vec{j} = \vec{k}\times\vec{k} = 1\cdot 1\cdot\sin(0) = 0$$



$$\begin{cases} \vec{i}\times\vec{j} = -\vec{j}\times\vec{i} = \vec{k} \\ \vec{j}\times\vec{k} = -\vec{k}\times\vec{j} = \vec{i} \\ \vec{k}\times\vec{i} = -\vec{i}\times\vec{k} = \vec{j} \end{cases}$$

$\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ sunt ortogonali

$$\Rightarrow \vec{A} \times \vec{B} = (A_y B_z - A_z B_y)\vec{i} + (A_z B_x - A_x B_z)\vec{j} + (A_x B_y - A_y B_x)\vec{k} =$$

$$= \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

scriere sub formă de determinant.

CINEMATICA punctului material

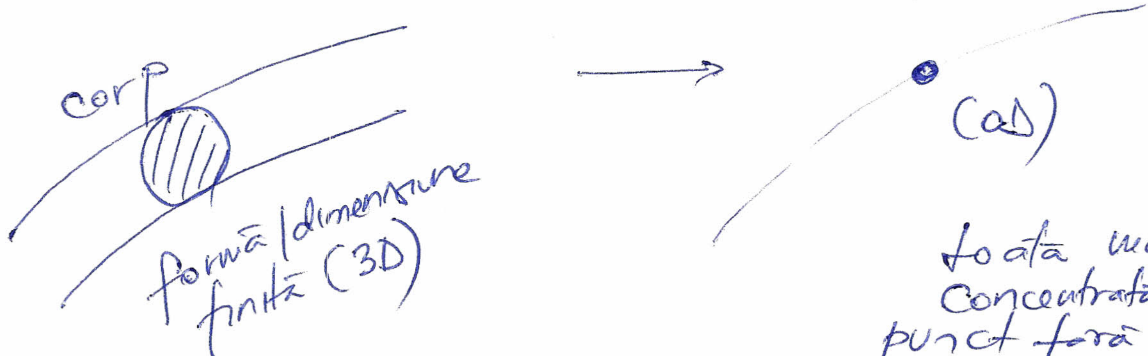
=> ramură a fizicii care (în cadrul mecanicii clasice) studiază mişcarea mecanică fără a ţine cont de cauza mişcării

(nu implică conceptul de forţă)

din greacă kinema = mişcare

① Fundamentele cinematicii

Punct material

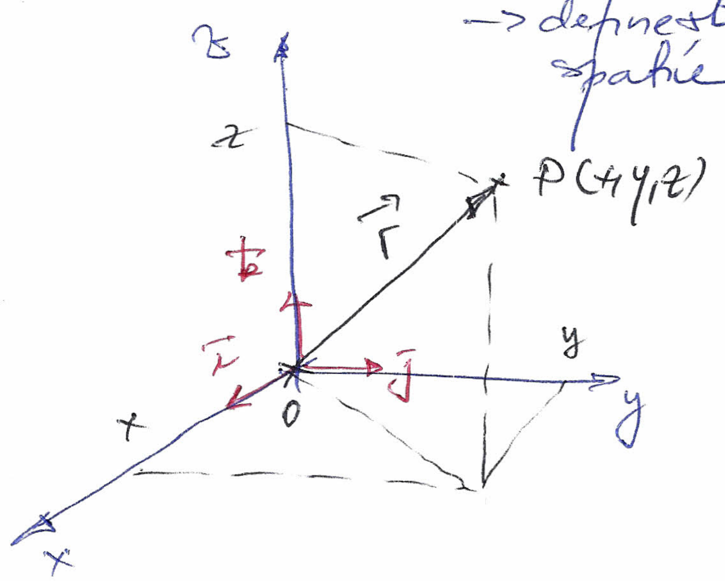


toată masa concentrată într-un punct fără dimensiune

Descrierea mişcării mecanice a unui obiect în spaţiu necesită anumite noţiuni de geometrie.

Vector de poziţie

-> defineşte poziţia punctului material în spaţiu



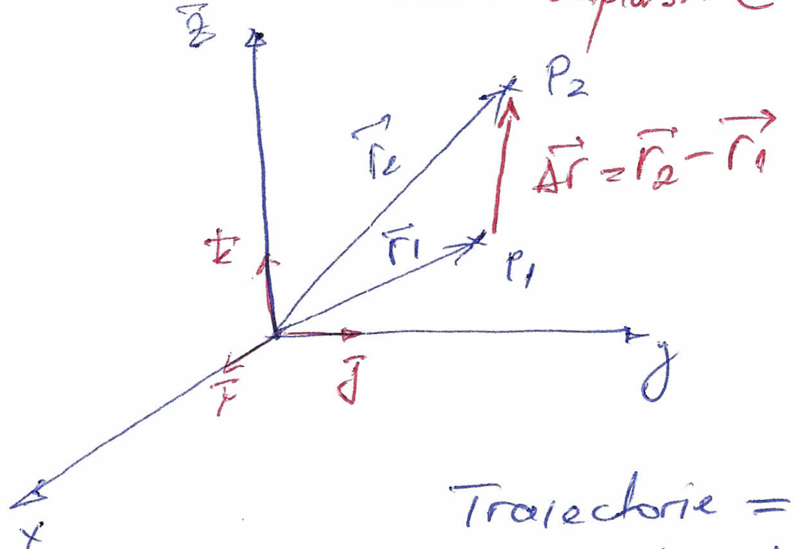
$$\boxed{\vec r = x\vec i + y\vec j + z\vec k}$$

Vector deplasare

În intervalul de timp $\Delta t = t_2 - t_1$, punctul material se deplasează din $P_1(\vec{r_1})$ în $P_2(\vec{r_2})$.

$$\Rightarrow \boxed{\Delta\vec{r} = \vec{r_2} - \vec{r_1} = (x_2 - x_1)\vec{i} + (y_2 - y_1)\vec{j} + (z_2 - z_1)\vec{k}}$$

vector deplasare



Traiectorie = calea urmată de mobil în mișcare spațială în funcție de timp.

Viteza medie

$$\boxed{\vec{v}_m = \frac{\vec{r_2} - \vec{r_1}}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}}$$

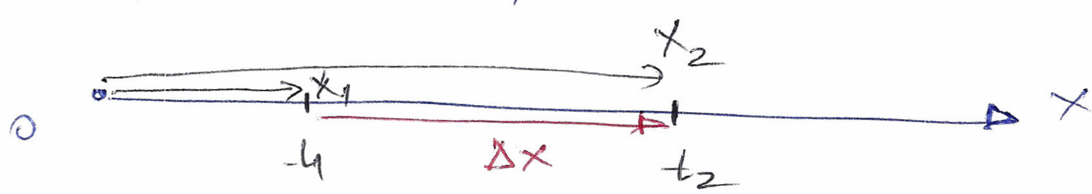
descrie rata de modificare în timp a poziției mobilului

→ mărime vectorială

$$[\vec{v}_m]_{SI} = \frac{m}{s}$$

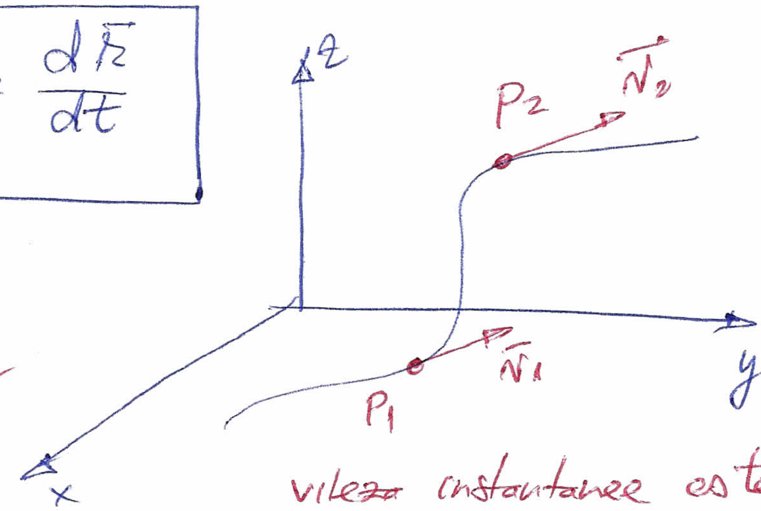
mișcare 1D

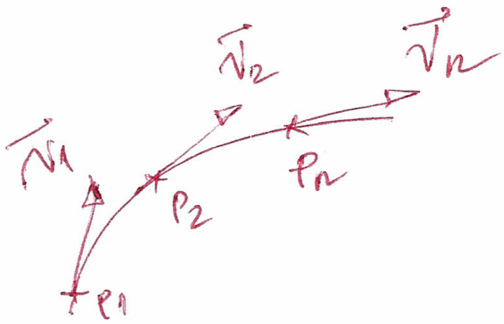
$$v_{m_x} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$



Viteza instantanee (vector)

$$\boxed{\vec{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt}}$$





viteza instantanee este tangentă la traiectorie în orice punct al acesteia

Modulul vitezei (scalar)

$$|\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

Descompunerea mişcării mecanice:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{d}{dt}(x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}) = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j} + \frac{dz}{dt}\vec{k}$$

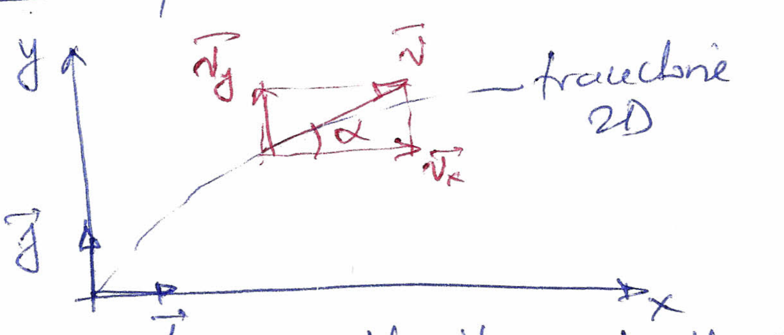
$$= v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k}$$

mişcarea totală = mişcare pe ox +
mişcare pe oy +
mişcare pe oz .

Caz particular 2D

proiectil

$$\boxed{tg\,\alpha = \frac{v_y}{v_x}}$$



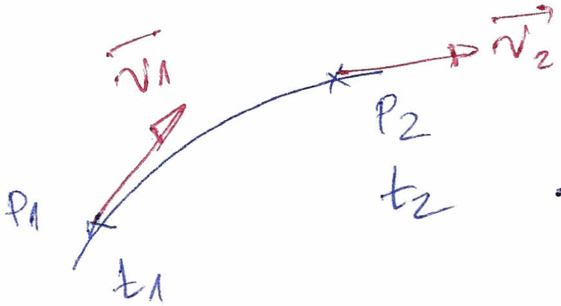
$\vec{v}(v_x, v_y)$

$v_x = v\cos\alpha \quad v_y = v\sin\alpha$

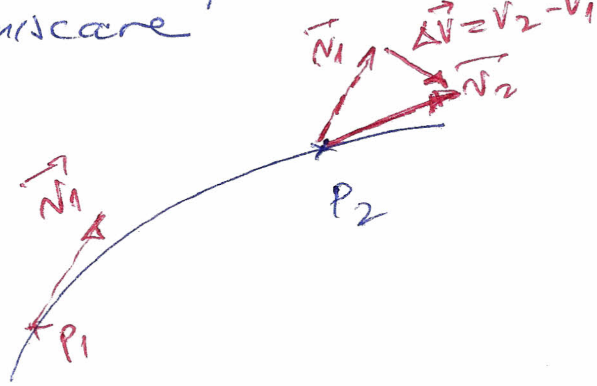
mişcare =
mişcare pe ox +
mişcare pe oy

Vectorul accelerație

accelerație = rata cu care se modifică viteza particulei în mișcare



$\longrightarrow$



Accelerația medie (vector)

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

$\longrightarrow$ are direcția lui $\Delta\vec{v}$

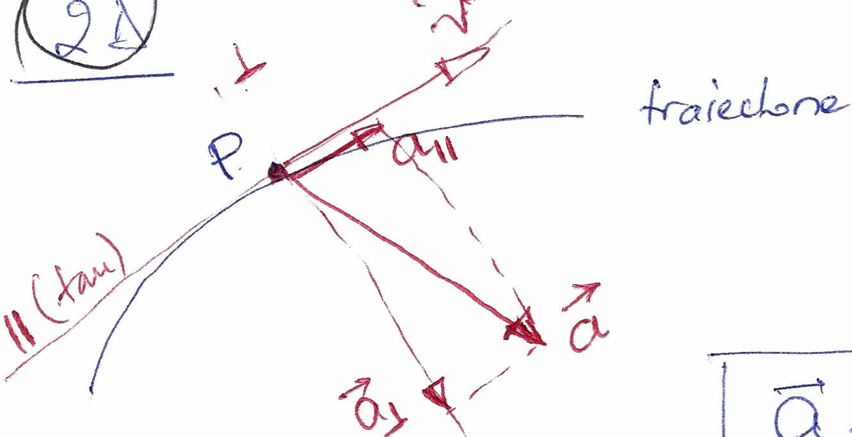
$$[a]_{SI} = \frac{m/s}{s} = m/s^2$$

Accelerația instantanee (vector)

$$\boxed{\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt}}$$

Se poate demonstra și aici că
$\vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k}$
vezi descompunerea mișcării mecanice

2Δ



$\vec{v}$ – tangent la traiectorie

$\vec{a}$ – orientare înspre interiorul traiectoriei

$$\boxed{\vec{a} = \vec{a}_{\perp} + \vec{a}_{\parallel}}$$

Alegem 2 direcții particulare

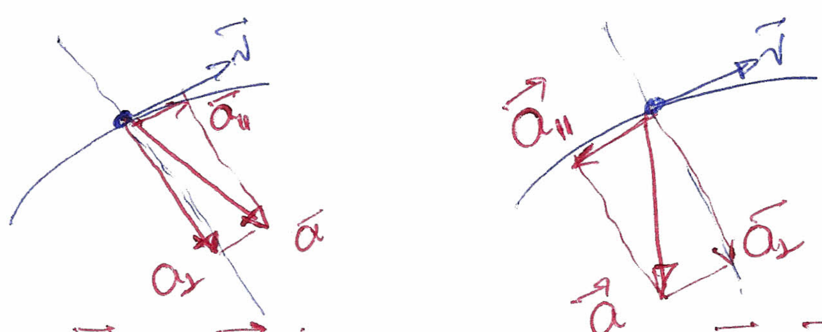
$\perp$ = perpendiculară la traiectorie în punctul P

$\parallel$ = tangențială (paralelă) la traiectorie în punctul P $\Leftrightarrow$ paralelă cu viteza instantanee $\vec{v}$

$\vec{a}$ se descompune pe direcțiile $\parallel$ și $\perp$

$$\vec{a} = \vec{a}_\perp + \vec{a}_\parallel$$

Obs: $\begin{cases} \vec{a}_\parallel \text{ în sensul deplasării } (>0) \Rightarrow \text{accelerare (viteza crește în timp)} \\ \vec{a}_\parallel \text{ în sens opus deplasării} \Rightarrow \text{frânare (viteza scade în timp)} \end{cases}$



$\vec{a}_\parallel$, $\vec{v}$ în același sens $\Rightarrow$ accelerare

$\vec{a}_\parallel$, $\vec{v}$ în sens opus $\Rightarrow$ frânare

1D Exemplu: mișcarea de-a lungul axei Ox cu accelerație constantă

$$a_m = a_x$$

$$a_x = \frac{v_{2x} - v_{1x}}{t_2 - t_1} \qquad t_1 = 0 \quad , \quad t_2 = t$$

$$\Rightarrow \boxed{v_x = v_{0x} + a_x t} \qquad (1)$$

legea vitezei

$$v_m = \frac{x - x_0}{t - 0} = \frac{x - x_0}{t} \Rightarrow \boxed{x = x_0 + v_x t} \quad (2)$$

$(1), (2) \Rightarrow$

$$\boxed{x = x_0 + v_{0x} t + \frac{1}{2} a_x t^2}$$ legea de mişcare

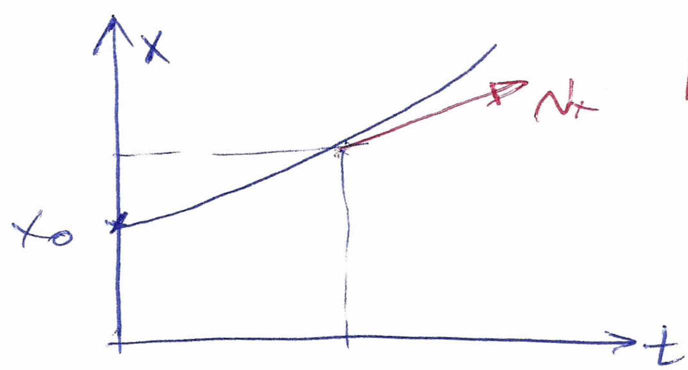
<u>Obs</u> $\vec{r} = \vec{r}(t) \Leftrightarrow \begin{cases} x = x(t) \\ y = y(t) \\ z = z(t) \end{cases}$ legi de mişcare

descrie variaţia în timp a vectorului de poziţie

→ ec. unei parabole

<u>Reprezentări grafice</u>

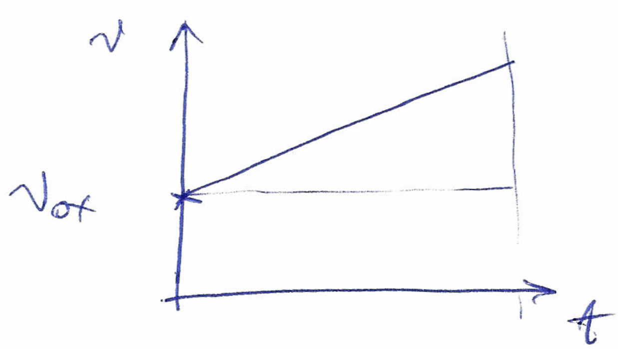
• <u>Grafic x-t</u>



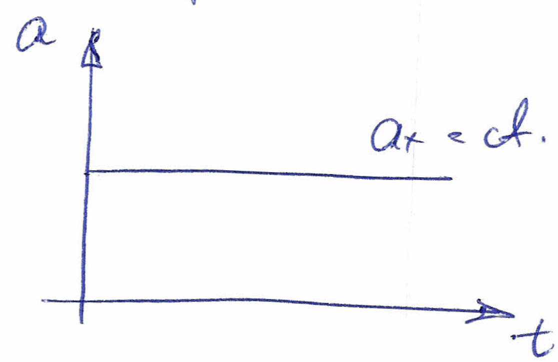
panta = viteza în punctul x.

Credeți semnificația geometrică a derivatei unei funcții.

• <u>Grafic v-t</u>



• <u>Grafic a-t</u>



Relația lui Galilei

din
$$\begin{cases} x = x_0 + v_{0x}t + \frac{1}{2} a_x t^2 \\ v_x = v_{0x} + a_x t \end{cases}$$

$$\Rightarrow \boxed{v_x^2 = v_{0x}^2 + 2a_x (x - x_0)}$$

$\Rightarrow$ Ecuațiile de mișcare în cazul mișcării cu accelerație constantă

$$\begin{cases} v_x = v_{0x} + a_x t \\ x = x_0 + v_{0x}t + \frac{1}{2} a_x t^2 \\ v_x^2 = v_{0x}^2 + 2a_x (x - x_0) \end{cases}$$

folosind aceste relații se poate rezolva orice problemă de mișcare în linie dreaptă cu accelerație constantă.

② Viteza și accelerație prin integrare

Am analizat situația când a_x = constant în timp.

Dacă $a_x = a_x(t)$, ecuațiile de mișcare scrise mai sus nu mai sunt valide.

Se poate însă scrie:

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} \Rightarrow dv_x = a_x\, dt$$

în intervalul $t_1, t_2 \longleftrightarrow v_{x1}, v_{x2}$

se poate integra $\Rightarrow$

$$\int_{v_{x1}}^{v_{x2}} dv_x = \int_{t_1}^{t_2} a_x(t)dt \Rightarrow$$

$$\boxed{v_{x2} - v_{x1} = \int_{t_1}^{t_2} a_x(t)\, dt}$$

Aplicând apoi definiția pt v_x

$$v_x = \frac{dx}{dt} \Rightarrow dx = v_x\, dt \Rightarrow$$

$$\boxed{x_2 - x_1 = \int_{x_1}^{x_2} dx = \int_{t_1}^{t_2} v_x(t)\, dt}$$

Dacă $t_1 = 0$; $t_2 = t$ $\Rightarrow$

$$\boxed{\begin{aligned} v_x &= v_{0x} + \int_0^t a_x(t)\, dt \\ x &= x_0 + \int_0^t v_x(t)\, dt \end{aligned}}$$

caz general a ec. de mișcare când $a_x = a_x(t)$

Calculul vitezei și accelerației dacă se cunoaște legea de mișcare, prin derivare

$$\vec{r}(t) = x(t)\,\vec{i} + y(t)\,\vec{j} + z(t)\,\vec{k}$$

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} \Rightarrow v_x = \frac{dx(t)}{dt} \; ; \; \vec{v}(t) = v_x(t)\,\vec{i}$$

$$v_y = \frac{dy(t)}{dt} \qquad + v_y(t)\,\vec{j} +$$

$$v_z = \frac{dz(t)}{dt} \qquad v_z(t)\,\vec{k}$$

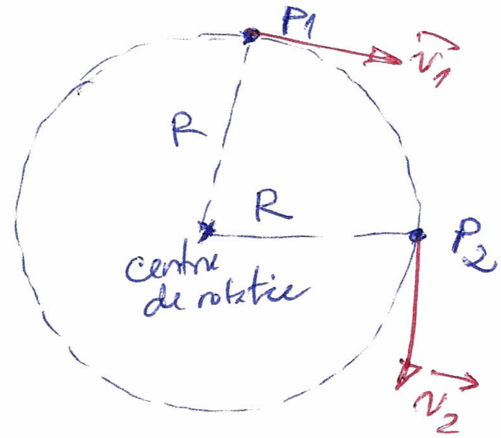
$\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}}{dt}$ se mai derivează viteza (pe componente) și se obțin componentele $a_x, a_y, a_z = f(t)$

ex : $\vec{r}(t) = \underbrace{2t^2}_{x(t)} \vec{i} - \underset{y(t)}{t} \vec{j}$

$v_x = \frac{dx}{dt} = 4t \ m/s \qquad a_x = \frac{dv_x}{dt} = 4 \ m/s^2$

$v_y = \frac{dy}{dt} = -1 \ m/s \qquad a_y = \frac{dv_y}{dt} = 0$

3) Miscarea circulară



- miscare circulară uniformă:

$$|\vec{v}_1| = |\vec{v}_2| = v$$

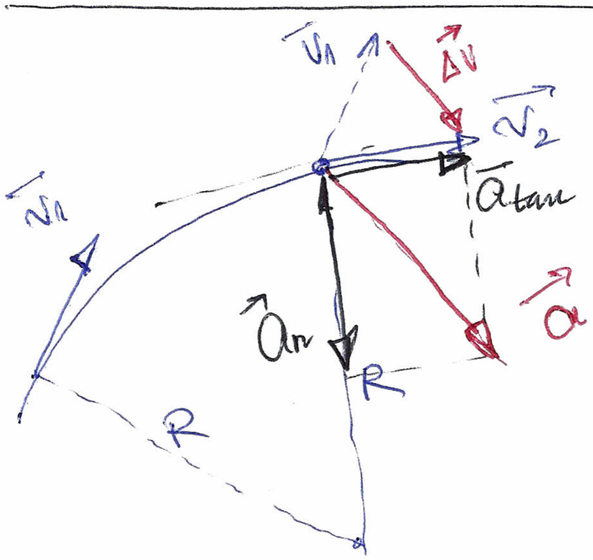
viteză constantă

dar vector viteză variază în timp datorită variatiei orientării

- miscare circulară neuniformă

$$|\vec{v}_1| \neq |\vec{v}_2|$$

Miscarea circulară uniformă



accelerația are direcția lui $\Delta\vec{v}$

se descompune pe 2 direcții:

tangentială = $\parallel$ cu $\vec{v}$

normală = $\perp$ la traiectorie

$$\Rightarrow \vec{a} = \vec{a}_{tan} + \vec{a}_n$$

miscare circulară uniformă: $\vec{a}_{tan} = 0$

non-uniformă $\vec{a}_{tan} \neq 0$

$a_{tan} > 0 \Rightarrow |\vec{v}_2| > |\vec{v}_1| \Rightarrow$ particula accelerează

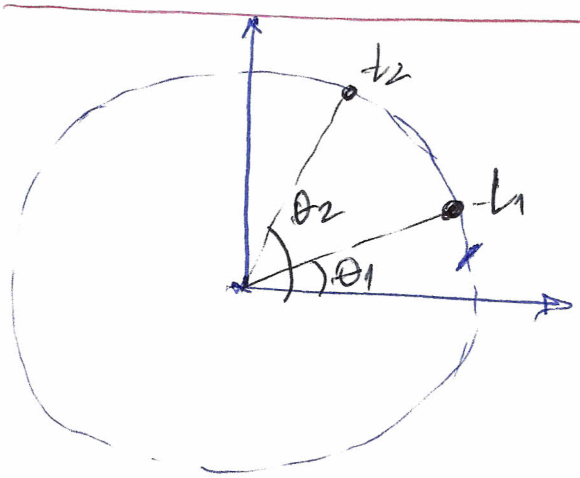
$a_{tan} < 0 \Rightarrow |\vec{v}_2| < |\vec{v}_1| \Rightarrow$ particula frânează

Accelerația normală sau radială $\vec{a}_n$ este întotdeauna diferită de zero

$$\boxed{a_n = \frac{v^2}{R}}$$

este orientată înspre centrul cercului (traiectoriei circulare) și se numește accelerație centripetă

Caracteristicile mișcării circulare



Poziția P_1 (θ_1, t_1)
P_2 (θ_2, t_2)

Deplasare unghiulară:
$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$

Viteza unghiulară:

medie $\omega_m = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1}$ [rad/s]

instantanee $\omega = \frac{d\theta}{dt}$

Accelerația unghiulară

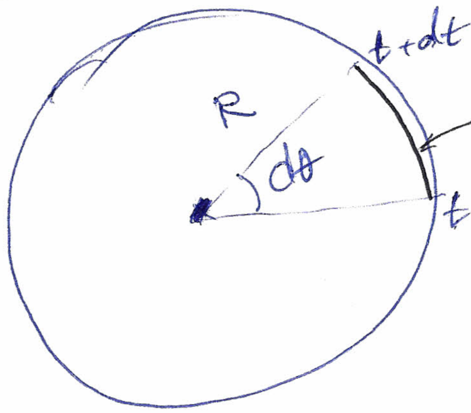
medie $\alpha_m = \frac{\Delta\omega}{\Delta t}$ [rad/s²]

instantanee $\alpha = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$

Obs: Legi de mișcare analoge translației cu corespondența:

$$\begin{cases} r \longleftrightarrow \theta \\ v \longleftrightarrow \omega \\ a \longleftrightarrow \alpha \end{cases}$$

Legătura dintre mișcarea tangențială și cea radială



$$ds = R\,d\theta$$

$$\Rightarrow \frac{ds}{dt} = R\frac{d\theta}{dt} \Leftrightarrow$$

$$\boxed{v = R\omega}$$

Perioada mișcării circulare

= timpul necesar parcurgerii unei circumferințe complete = 2π radiani

$$T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi \cancel{R}}{\omega \cancel{R}} = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$\boxed{T = \frac{2\pi}{\omega}} \qquad \frac{\cancel{rad}/\cancel{rad}}{s} = s$$

Frecvența mișcării circulare

$$\boxed{\nu = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}}$$

$$s^{-1} = Hz$$
(Hertz)