

# FIZICĂ PENTRU INGINERI



Conf. dr. ing. Trif-Tordai Delia

Departamentul BAZELE FIZICE ALE INGINERIEI  
[delia.trif-tordai@upt.ro](mailto:delia.trif-tordai@upt.ro)

Cabinet: C213

<https://iee.upt.ro/ro/departamente/bazele-fizice-ale-ingineriei>

# STRUCTURĂ FIZICĂ

- 14 cursuri
  - 7 ședințe de laborator
- 
- Examen - evaluarea se face în sesiune
  - 4 credite

Notă\_finală = parte\_întreagă (0.66\*Notă\_Examen +  
+ 0.34\*Notă\_Activitate + 0.5)

# CURSUL 1



1. Noțiuni Fundamentale ale Fizicii
  - 1.1. Introducere în fizică
  - 1.2. Mărimi fizice
  - 1.3. Unități de măsură
  - 1.4. Unități de măsură tolerate
  - 1.5. Analiză dimensională
  - 1.6. Operații cu vectori

# 1.1. Introducere în fizică

**Fizica** = o știință fundamentală a naturii (physis = natură, în limba greacă), care studiază cele mai simple, dar în același timp, și cele mai generale forme de mișcare sau de transformare ale materiei.

**Scopul fizicii** este acela de a descoperi și aplica legile care guvernează interacțiunile dintre corpurile materiale sau dintre corpurile materiale și diferite câmpuri de forțe.

**Domenii ale Fizicii:**

Mecanică, Oscilații și unde elastice, Termodinamică, Electromagnetism, Optică, Fizica Solidului, Fizica nucleară, Fizica Plasmei, Fizica Semiconducțorilor, Fizica Supraconducțorilor, Biofizica, etc.

O **mărime fizică** este o mărime care caracterizează starea unui sistem fizic. Mărimea fizică are o parte cantitativă (valoarea numerică) și una calitativă (unitate de măsură).

## 1.2.1. Clasificarea mărimilor fizice:

a) După modul de definire al mărimilor fizice:

- Mărimi fundamentale
- Mărimi derivate (aria, volumul, densitatea, viteza etc.)
- Mărimi suplimentare (unghi plan și unghi solid)

b) După natura mărimilor fizice:

- Mărimi scalare - caracterizate numai prin valoarea numerică
- Mărimi vectoriale - caracterizate prin modul, direcție și sens
- Mărimi tensoriale

c) Din punct de vedere al posibilităților de măsurare:

- Mărimi fizice măsurabile (lungimea, timpul, etc.)
- Mărimi fizice calculabile (volumul, densitatea corpurilor)<sup>6</sup>

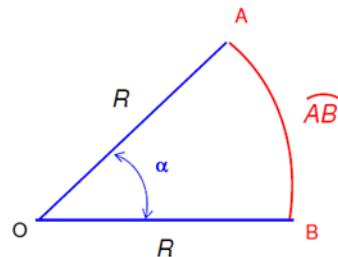
## 1.2.2. Mărimi fizice fundamentale ale SI

Mărime fizică	Simbol	Simbol dimensiune	Unitate de măsură	Simbol
lungime	l	L	metru	m
masă	m	M	kilogram	kg
timp	t	T	secundă	s
intensitatea currentului electric	$I_c$	I	amper	A
temperatură absolută	T	$\Theta$	kelvin	K
cantitate de substanță	v	Q	mol	mol
intensitate luminoasă	$I_l$	J	candelă	Gd

## 1.2.3. Mărimi fizice suplimentare ale SI

- **Radianul (rad)** – utilizat ca unitate de unghi plan;

*Radianul este unghiul plan cuprins între două raze care delimită pe un cerc un arc cu lungimea egală cu raza.*



$$\alpha = \frac{\widehat{AB}}{R} \text{ rad}$$

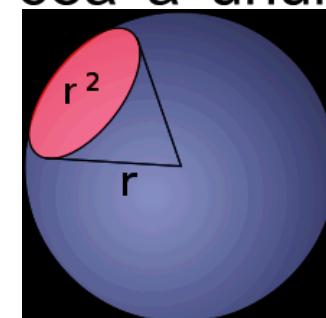
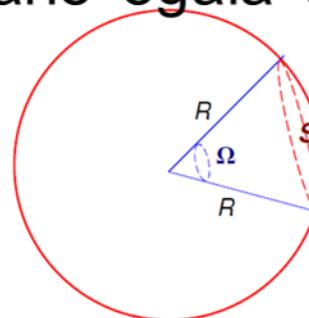
$360^\circ \dots\dots\dots 2\pi \text{ rad}$

$\begin{cases} 1^\circ = \frac{2\pi}{360} \text{ rad} \\ 1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57^\circ 17' \end{cases}$

- **Steradianul (sr)** – utilizat ca unitate de unghi solid.

Steradianul este unghiul solid cu vârful în centrul unei sfere, care delimită pe suprafața sferei o arie egală cu cea a unui patrat având latura egală cu raza sferei.

$$\Omega = \frac{S}{R^2} \text{ sr}$$
$$\Omega_{max} = \frac{S_{sfera}}{R^2} = \frac{4\pi R^2}{R^2} = 4\pi \text{ sr}$$



# 1.3. Unități de măsură

In 1960, la cea de XI Conferință Generală de Măsuri și Greutăți (CGPM) s-a adoptat un nou sistem de unități de măsură, bazat pe sistemul metric, denumit Sistemul Internațional de unități.

SI de unități este un sistem practic, coerent, simplu și rațional.

În SI se disting trei clase de unități de măsură:

- unități fundamentale;
- unități suplimentare;
- unități derivate.



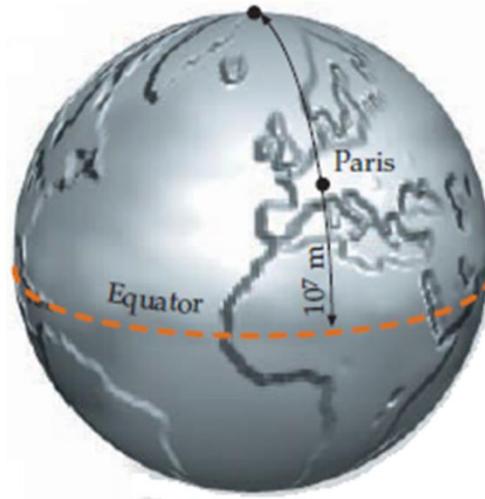
Biroul Internațional de Măsuri și Greutăți

# 1.3. Unități de măsură



Unitate de măsură	Simbol	Constanta de definitie	Simbol	Valoare
kilogram	kg	<b>Constanta lui Planck</b>	h	$6,626\ 070\ 15 \times 10^{-34}\ \text{J}\cdot\text{s}$
metru	m	Viteza luminii în vid	c	299 792 458 m/s
secunda	s	tranzitiei între două niveluri de energie hiperfine ale atomului de Cs	$\Delta\nu$	9 192 631 770 Hz
amper	A	<b>Sarcina elementara</b>	e	$1,602\ 176\ 634 \times 10^{-19}\ \text{C}$
kelvin	K	<b>Constanta lui Boltzmann</b>	k	$1,380\ 649 \times 10^{-23}\ \text{J}\cdot\text{K}^{-1}$
mol	mol	<b>Numărul lui Avogadro</b>	$N_A$	$6,022\ 140\ 76 \times 10^{23}$
candela	cd	radiație monocromatică cu frecvența de 540 THz	$K_{cd}$	683 lm/W

# Unitatea de lungime (metrul)



- a  $10^7$  parte din distanța dintre Polul Nord și Ecuator (1792);
- distanța dintre două repere gravate în vecinătatea capetelor unei bare confectionate dintr-un aliaj de platină și iridiu (Biroul Internațional de Măsuri și Greutăți) (1889);
- **lungimea drumului parcurs de lumină în vid, în timp de 1 / 299.792.458 secunde (1983)**

## Unitatea de masă (kilogramul)

### Unitatea fundamentală

- masa unui litru de apă aflată la presiune atmosferică normală și temperatura de  $3,98^{\circ}\text{C}$  (1799);
- masa unui cilindru având înălțimea și diametrul egale cu 39 mm, confectionat dintr-un aliaj de platină și iridiu (Biroul Internațional de Măsuri și Greutăți) (1889);

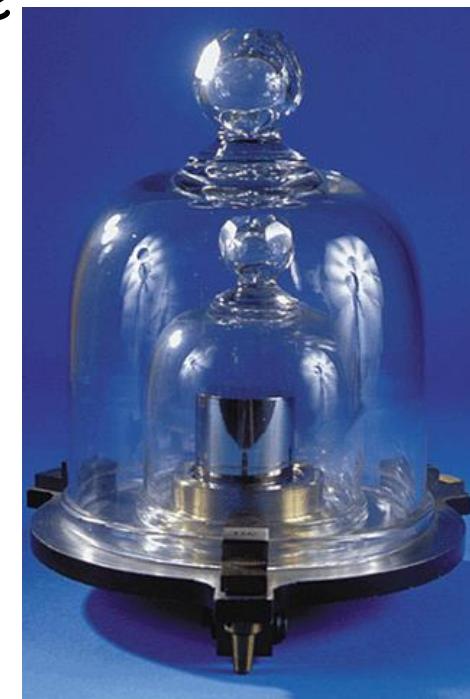
### Instrument de măsurare: balanța cu brațe egale

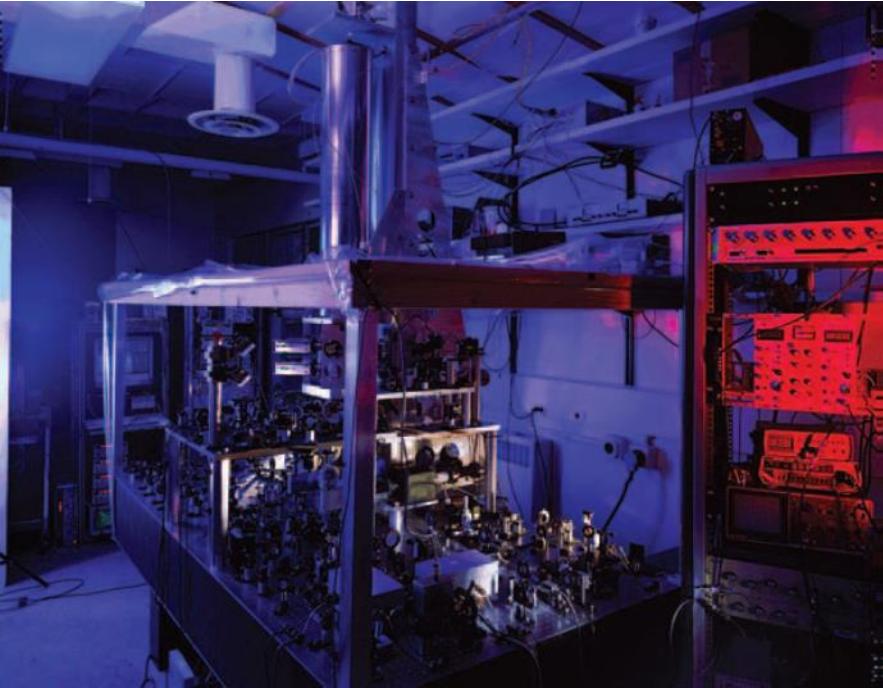
- Kilogramul este definit prin fixarea valorii constantei lui Planck,  $h$ , la valoarea exactă de  $6.62607015 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ , date fiind definițiile metrului și a secundei (2019).

### Unitatea secundară (unitatea atomică de masă)

- a 12-a parte din masa izotopului  $^{12}\text{C}$  (1961).

$$1 \text{ u.} = 1 \text{ Da} = 1,6605402 \times 10^{-27} \text{ kg}$$





## Unitatea de timp (secunda)

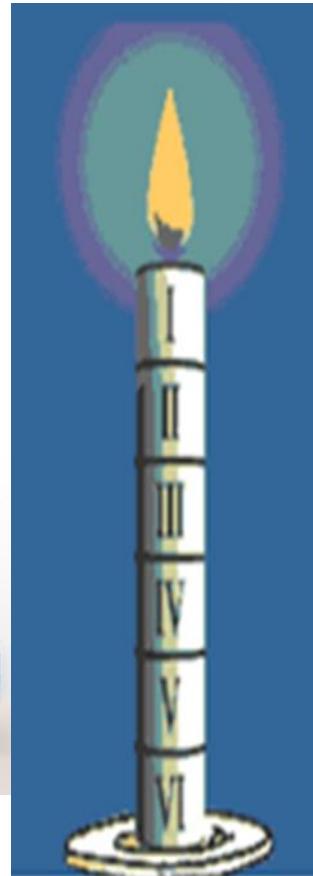
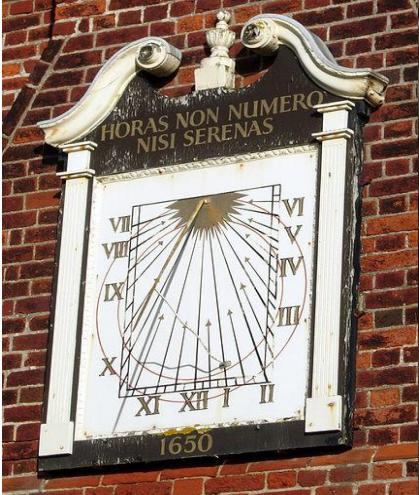
$$1 \text{ min.} = 60 \text{ s}$$

$$1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$$

$$1 \text{ zi} = 24 \text{ h} = 1440 \text{ min.} = 86400 \text{ s}$$

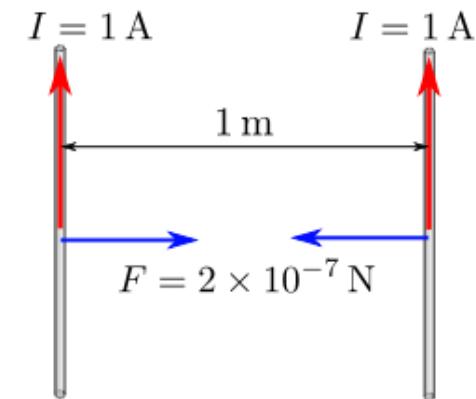
- Secunda este durata a 9.192.631.770 perioade ale radiației ce corespunde tranzitiei între două nivele energetice ale stării fundamentale a atomului de Cesiu 133 la temperatură de 0K (1967, a 12-a Conferință Generală de Măsuri și Greutăți).
  - Instrument de măsurare: ceas atomic
- Aplicație 1: Căți ani are un om care a trăit un miliard de secunde ( $10^9$ )?

# Unitatea de timp – exemple de instrumente



A candle marked  
for use as a timer

# Intensitatea curentului electric (Amper)



**Amperul** (simbol: A) este unitatea de măsură pentru intensitatea curentului electric.

- Amperul este intensitatea unui curent electric constant care, menținut în două conductoare paralele, rectilinii, cu lungimea infinită și cu secțiunea transversală circulară neglijabilă, așezate în vid, la o distanță de 1 metru unul de altul, ar produce între aceste conductoare o forță de  $2 \times 10^{-7}$  dintr-un newton pe o lungime de 1 metru.
- Amperul este intensitatea unui curent de  $1/1.602176634 \times 10^{-19}$  sarcini elementare,  $e$ , pe secundă (2019).

# Unitatea de temperatură (Kelvin)

- Kelvinul reprezintă fracționea 1/273,16 din temperatura termodinamică a punctului triplu al apei (temperatura de echilibru între gheață, apă și vaporii de apă) (CGPM, 1967).

Alte scări de temperatură folosite:

- Scara Celsius:

$$T(K) = t(^{\circ}C) + 273.15$$

- Scara Fahrenheit:

$$T(K) = (^{\circ}F + 459,67) : 1,8$$

- Scara Rankine:

$$T(K) = t(^{\circ}R) : 1,8$$

- Scara Reaumur:

$$T(K) = t(^{\circ}Re) * 1.25 + 273.15, \text{ etc}$$

➤ *Kelvinul este definit prin fixarea valorii numerice a constantei lui Boltzmann k la  $1.380649 \times 10^{-23} \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ , ( $\text{J} = \text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$ ), date fiind definițiile kilogramului, metrului și a secundei (2019).*

# Cantitatea de substanță (molul)

- *Molul* este cantitatea de substanță dintr-un sistem, care conține un număr de entități elementare egal cu numărul de atomi din 0,012 kilograme de carbon  $^{12}\text{C}$  (CGPM, 1967).

Numărul de atomi din 0,012 kg de  $^{12}\text{C}$  este egal cu numărul lui Avogadro ( $6,0221367 \times 10^{23}$ ).

Un mol este cantitatea de substanță a cărei masă exprimată în kilograme este egală cu masa atomică a acelei substanțe.

- O cantitate de substanță egală cu exact  $6.02214076 \times 10^{23}$  entități elementare (2019). Aceasta este valoarea numerică fixată pentru constanta lui Avogadro  $N_A$ , atunci când este exprimată în unitatea  $\text{mol}^{-1}$  și este denumită numărul lui Avogadro.

# Intensitatea luminoasă (Candela)

**Candela** este intensitatea luminoasă, într-o direcție dată, a unei surse care emite o radiație monocromatică cu frecvență de  $540 \times 10^{12}$  hertz (Hz) și a cărei intensitate energetică, în această direcție este de 1/683 dintr-un watt pe steradian (W/sr) (CGPM, 1979).

Candela este intensitatea luminoasă, în direcția normalei, a unei suprafețe de  $1,667 \times 10^{-6}$  m<sup>2</sup> a unui corp negru la temperatura de solidificare a platinei (1772 °C), la o presiune normală.

# Alte sisteme de unități de măsură

1. **CGS** (c – centimetru, g – gram, s – secundă);
2. **MKS** (m – metru, k – kilogram, s – secundă);
3. **MKSA** (m – metru, k – kilogram, s – secundă, A – Amper);
4. **MKfS** (m – metru, k – kilogram, f – forță, s – secundă).

**1 Kilogram-forță (kgf)** reprezintă unitatea de măsură a forței, a cărei valoare este egală cu greutatea prototipului internațional de masă, măsurată în vid, la accelerația gravitațională normală.

**1kgf = 9, 80655 N**

**Ex. sistemul C.G.S.**

Mărime fizică	Unitate de măsură	Simbol
lungime	centimetru	cm
masă	gram	g
timp	secundă	s <sup>21</sup>

# 1.4. Unități de măsură tolerate

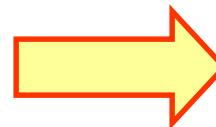
- **Electron-volt** ( $1 \text{ eV} = 1,60219 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ ). Un electron-volt este energia cinetică câștigată de un electron care traversează, în vid, o diferență de potențial de un volt.
- **Unitatea atomică de masa** ( $1 \text{ u.a.m.} = 1,66057 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ). Unitatea atomică de masa este fracțiunea  $1/12$  din masa unui atom al izotopului carbon 12 ( $^{12}_6C$ ).
- **Ångström** ( $1 \text{\AA} = 10^{-10} \text{ m}$ )
- **Unitatea astronomică** ( $1 \text{ UA} = 1,495980 \cdot 10^{11} \text{ m}$ ). Unitatea astronomică este egală cu distanța medie dintre Soare și Pământ.
- **Anul lumină** ( $1 \text{ al} = 9,4605 \cdot 10^{15} \text{ m}$ ). Anul lumină este egal cu distanța pe care o parcurge lumina în vid, în decursul unui an.

# Unități de măsură folosite împreună cu unitățile SI

Denumirea	Simbol	Valoarea în SI
An	a	$1 \text{ a} = 3,16 \cdot 10^7 \text{ s}$
Zi	d	$1 \text{ d} = 24 \text{ h} = 1440 \text{ min} = 86400 \text{ s}$
Oră	h	$1 \text{ h} = 60 \text{ min} = 3600 \text{ s}$
Minut	min	$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$
Grad	°	$1 \text{ }^\circ = \pi / 180 \text{ rad}$
Minut	'	$1 \text{ '} = (1/60)^\circ = (\pi/10800) \text{ rad}$
Secundă	"	$1 \text{ }'' = (1/60)' = (\pi/648000) \text{ rad}$
Litru	l	$1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$
Tonă	t	$1 \text{ t} = 10^3 \text{ kg}$
Jol	ț	$1 \text{ } \bar{t} = 2,54 \cdot 10^{-2} \text{ m}$
Yard	y	$1 \text{ y} = 0,914398 \text{ m}$
Milă terestră	M.t	$1 \text{ M.t} = 1609 \text{ m}$
Milă marină	M.m	$1 \text{ M.m} = 1852 \text{ m}$
Ar	a	$1 \text{ a} = 10^2 \text{ m}^2$
bar	bar	$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$
torr	torr	$1 \text{ Torr} = 133,32 \text{ N/m}^2$

## Ordinul de mărime

$$328.460.587 = 3,28 \cdot 10^8$$



$$10^8$$

**Exemple:**

$$134527 = ?$$

$$0,000572 = ?$$

## Multipli, submultipli

$$1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$$

$$1 \text{ kg} = 10^3 \text{ g}$$

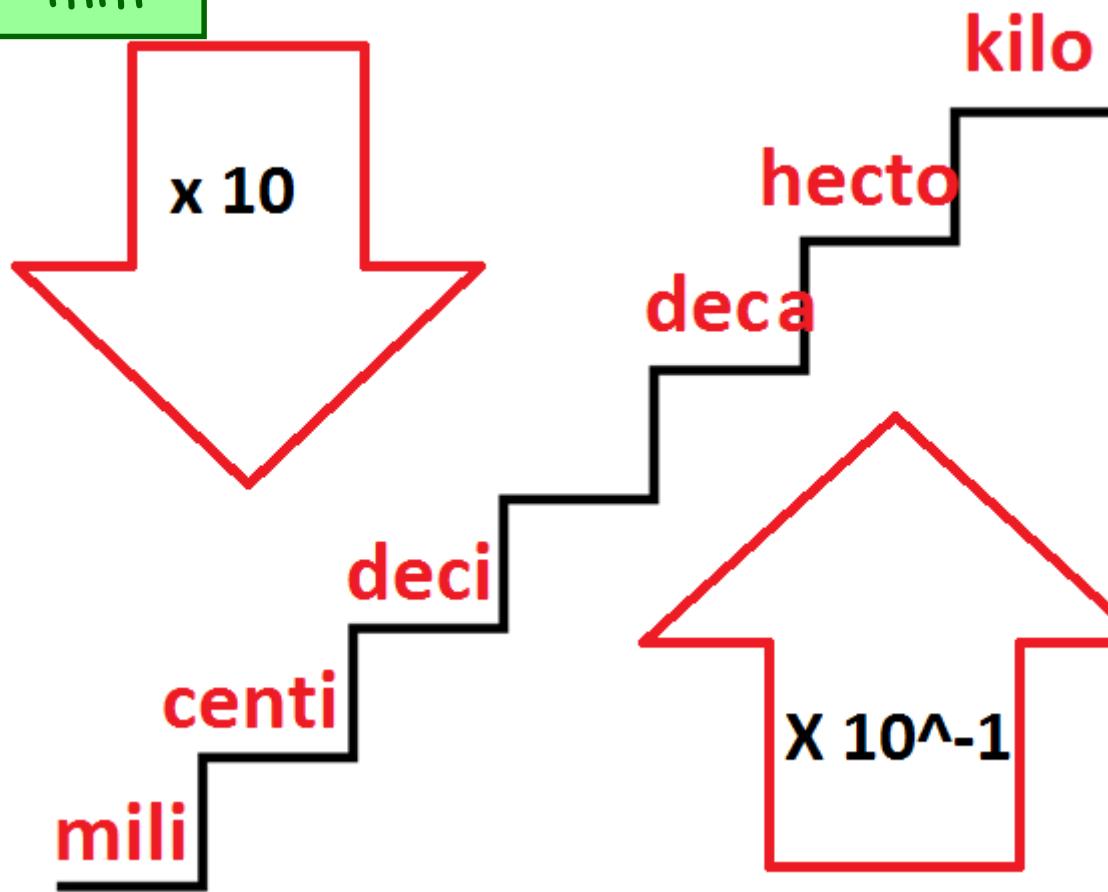
$$1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = 10^3 \text{ cm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$$

# Prefix multipli / submultipli

Prefix	Simbol	Factor conversie
peta	P	$10^{15}$
tera	T	$10^{12}$
giga	G	$10^9$
mega	M	$10^6$
kilo	k	$10^3$
hecto	h	$10^2$
deca	da	$10^1$
deci	d	$10^{-1}$
centi	c	$10^{-2}$
mili	m	$10^{-3}$
micro	$\mu$	$10^{-6}$
nano	n	$10^{-9}$
pico	p	$10^{-12}$
femto	f	$10^{-15}$

$$1 \text{ m} = 10^2 \text{ cm}$$

$$1 \text{ dm} = 10^2 \text{ mm}$$



$$1 \text{ cm} = 10^{-3} \text{ dam}$$

$$1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$$

# 1.5. Analiza dimensională

În afară de valoarea numerică  $\{M\}$ , respectiv unitatea de măsură  $\langle M \rangle$ , orice mărime fizică se caracterizează și prin dimensiunea  $[M]$ , care reprezintă un monom algebric de puteri – pozitive, negative, întregi sau fracționare – ale simbolurilor mărimilor fizice fundamentale. Formula dimensională a mărimii fizice  $M$  este:

$$[M] = L^\alpha M^\beta T^\gamma I^\delta \Theta^\varepsilon J^\omega Q^\chi$$

Exponenții raționali  $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon, \omega, \chi$  reprezintă, fiecare în parte, dimensiunea mărimii derivate  $M$  în raport cu una din mărimile fundamentale.

Exemplu: Legea a doua a lui Newton, scrisă scalar  $F = m \cdot a$ . Din punct de vedere dimensional, forța  $F$  se exprimă prin dimensiunile corespunzătoare masei  $m$  și accelerării  $a$ :

$$[F] = [m][a] = MLT^{-2}$$

# Alfabetul grec

Denumire	Literă mică	Literă mare	Denumire	Literă mică	Literă mare
Alfa	$\alpha$	A	Niu	$\nu$	N
Beta	$\beta$	B	Csi	$\xi$	$\Xi$
Gamma	$\gamma$	$\Gamma$	Omicron	$\circ$	O
Delta	$\delta$	$\Delta$	Pi	$\pi$	$\Pi$
Epsilon	$\varepsilon$	E	Ro	$\rho$	R
Zeta	$\zeta$	Z	Sigma	$\sigma$	$\Sigma$
Eta	$\eta$	H	Tau	$\tau$	T
Teta	$\theta$	$\Theta$	Ipsilon	$\upsilon$	$\Upsilon$
Iota	$\iota$	I	Fi	$\varphi$	$\Phi$
Kappa	$\kappa$	K	Hi	$\chi$	X
Lambda	$\lambda$	$\Lambda$	Psi	$\psi$	$\Psi$
Miu	$\mu$	M	Omega	$\omega$	$\Omega$

# 1.6. Mărimi fizice scalare, vectoriale. Operări cu vectori

Mărimile scalare se specifică prin valorile lor numerice (temperatura, timpul, masa, numărul de molecule etc.)

$$m = 2 \text{ kg}$$

Mărimile vectoriale sunt definite prin:

- **modulul**, care reprezintă valoarea sa numerică, fiind un număr strict pozitiv egal cu lungimea segmentului orientat prin care se reprezintă mărimea vectorială;

$$F = |\vec{F}| = 4 \text{ N}$$

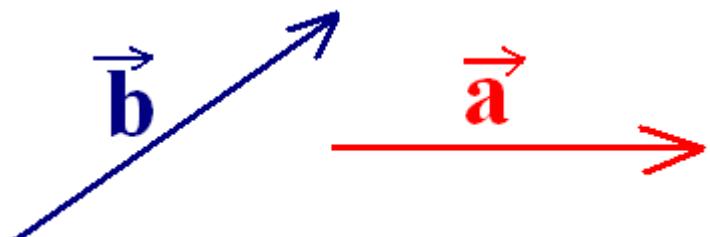
- **direcția**, reprezentată prin dreapta purtătoare;
- **sensul**, specificat printr-o săgeată marcată la extremitatea segmentului orientat.



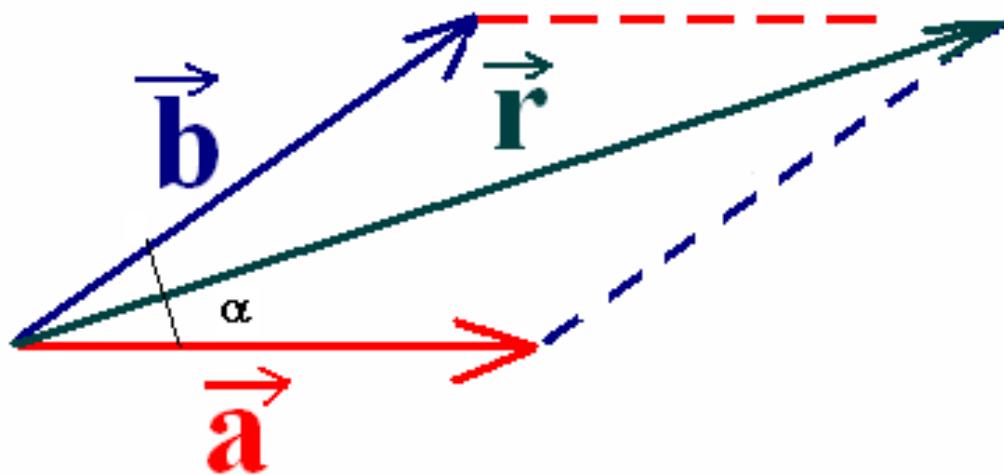
# Operații cu mărimi vectoriale - recapitulare

## a1) Adunarea vectorilor - metoda grafică

$$r = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab\cos\alpha}$$



Formula lui Pitagora generalizată



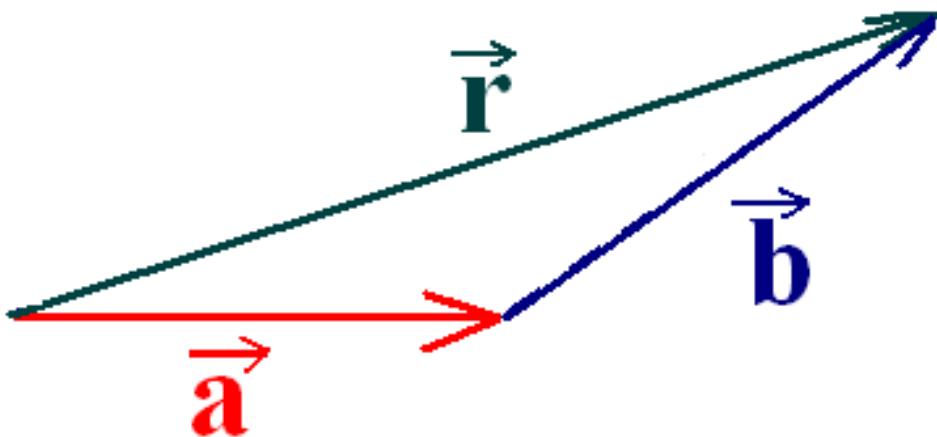
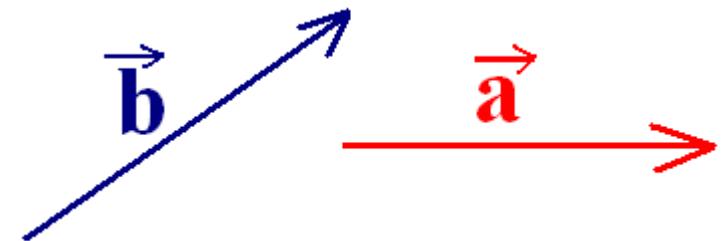
$$\vec{r} = \vec{a} + \vec{b}$$

Regula paralelogramului

# Operații cu mărimi vectoriale - recapitulare

## a1) Adunarea vectorilor - metoda grafică

$$r = \sqrt{a^2 + b^2 + 2ab\cos\alpha}$$

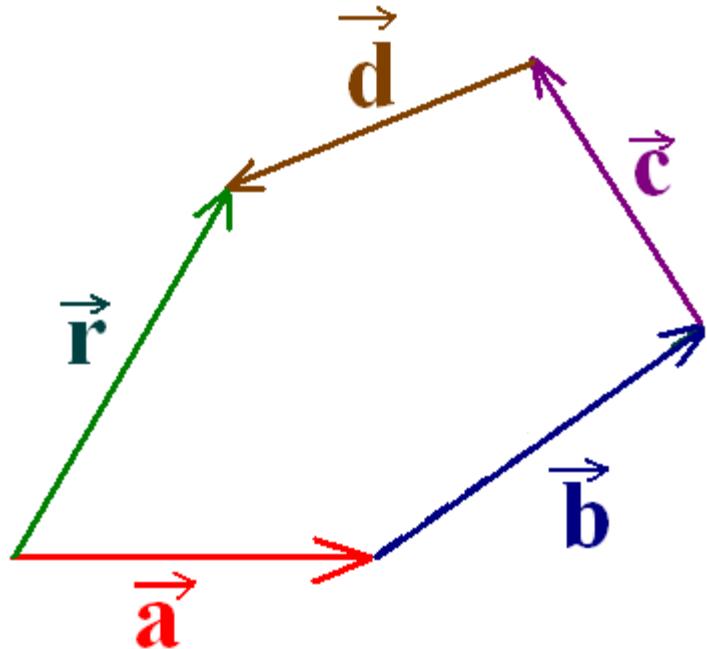


$$\vec{r} = \vec{a} + \vec{b}$$

Regula triunghiului

# Operații cu mărimi vectoriale - recapitulare

## a1) Adunarea vectorilor - metoda grafică

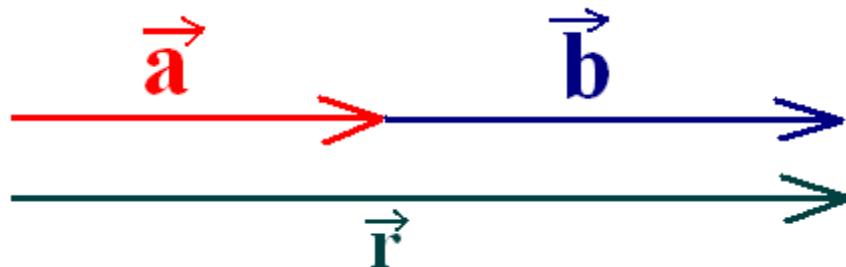


$$\vec{r} = \vec{a} + \vec{b} + \vec{c} + \vec{d}$$

Regula poligonului

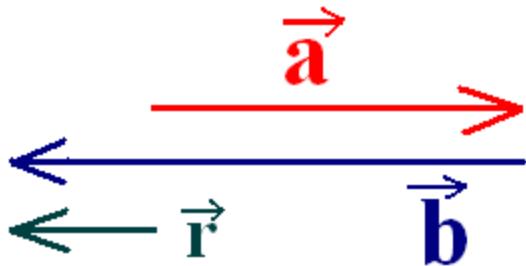
Caz particular

## Adunarea vectorilor paraleli



$$|\vec{r}| = |\vec{a}| + |\vec{b}|$$

## Adunarea vectorilor antiparaleli



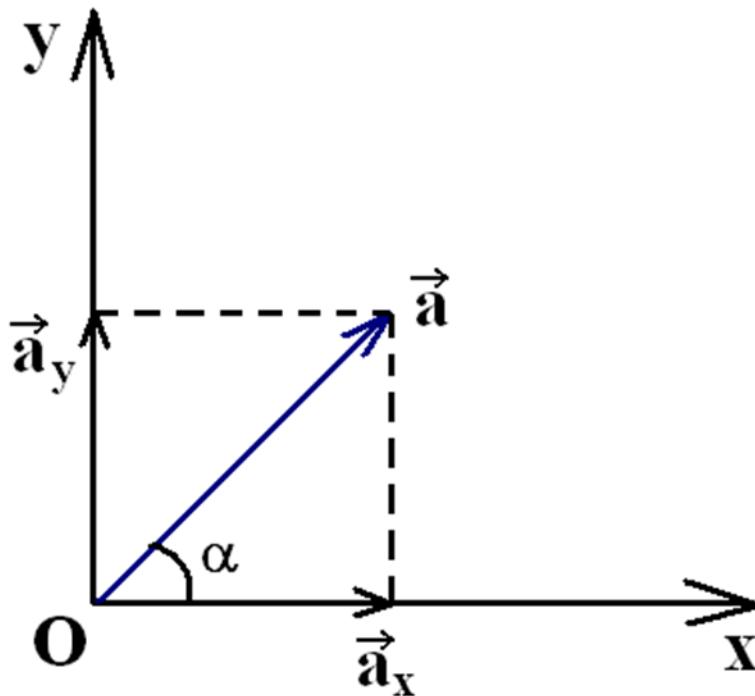
$$|\vec{r}| = |\vec{b}| - |\vec{a}|$$

# Operații cu mărimi vectoriale - recapitulare

## a2) Adunarea vectorilor – metoda analitică

$$\sin \alpha = \frac{\text{cateta opusa}}{\text{ipotenuza}}$$

$$\cos \alpha = \frac{\text{cateta alaturata}}{\text{ipotenuza}}$$



$\vec{a}_x$  (proiecția pe axa absciselor)

$\vec{a}_y$  (proiecția pe axa ordonatelor)

$$\vec{a} = \vec{a}_x + \vec{a}_y$$

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$$

$\vec{a}_x$ ,  $\vec{a}_y$  componentele vectoriale

$$a_x = a \cdot \cos \alpha$$

$$a_y = a \cdot \sin \alpha$$

$a_x > 0$  daca  $\vec{a}_x$  are sensul lui  $\vec{i}$   
 $a_x < 0$  daca  $\vec{a}_x$  are sens contrar lui  $\vec{i}$

## Operații cu mărimi vectoriale - recapitulare

a2) Adunarea vectorilor – metoda analitică

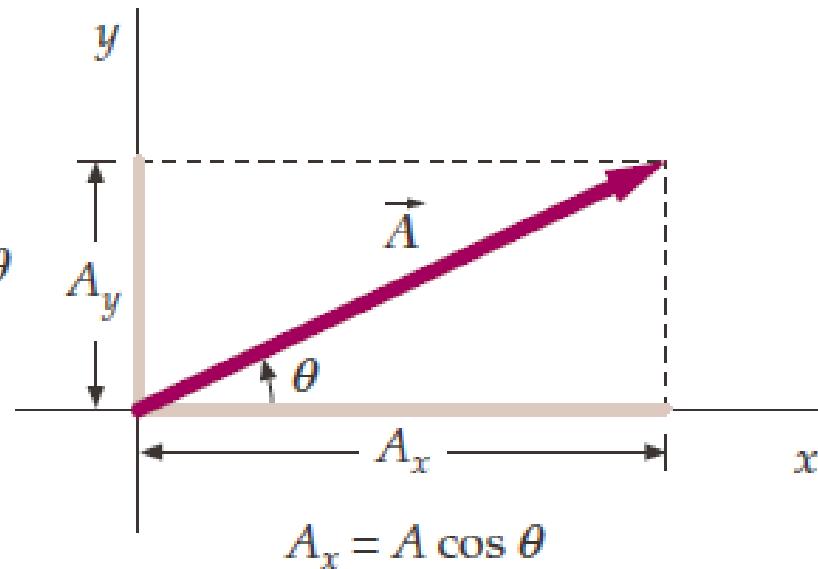
**Direcția vectorului resultant,  $\vec{A}$  este:**

$$\tan \theta = \frac{A_y}{A_x}$$

$$\Rightarrow \theta = \tan^{-1} \frac{A_y}{A_x}$$

$$A_y = A \sin \theta$$

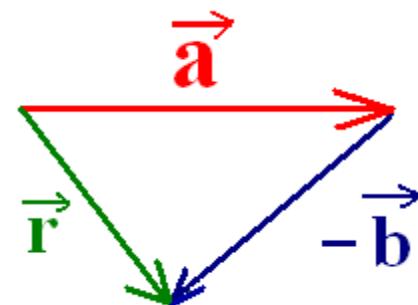
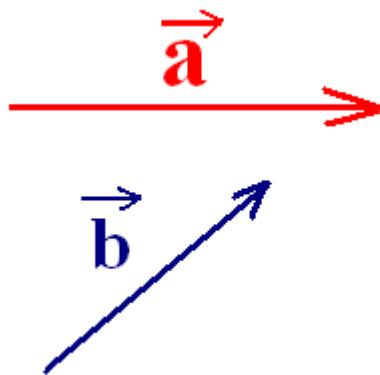
		<i>y</i>
<i>A<sub>x</sub></i> negative	<i>A<sub>x</sub></i> positive	
<i>A<sub>y</sub></i> positive	<i>A<sub>y</sub></i> positive	<i>x</i>
<i>A<sub>x</sub></i> negative	<i>A<sub>x</sub></i> positive	
<i>A<sub>y</sub></i> negative	<i>A<sub>y</sub></i> negative	



$$A_x = A \cos \theta$$

## Operații cu mărimi vectoriale - recapitulare

### b) Scăderea vectorilor - metoda grafică



$$\vec{r} = \vec{a} - \vec{b} = \vec{a} + (-\vec{b})$$

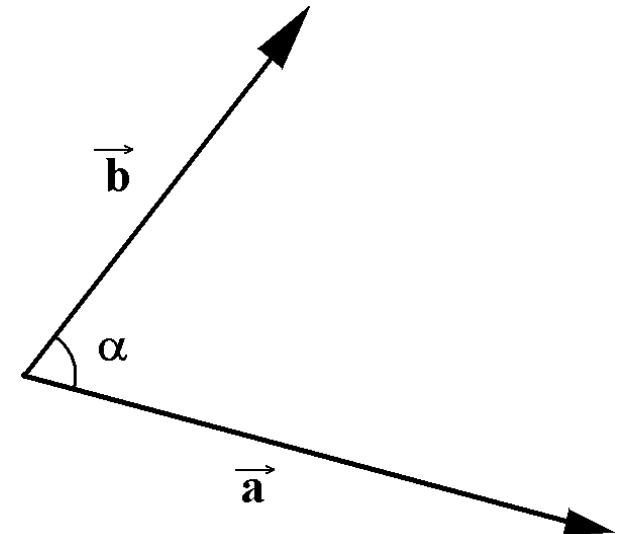
$-\vec{b}$  opusul vectorului  $\vec{b}$

# Operații cu mărimi vectoriale - recapitulare

## c) Produsul scalar a doi vectori

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a b \cos \alpha$$

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z$$



$$\vec{a} \cdot \vec{b} = (a_x \cdot \vec{i} + a_y \cdot \vec{j} + a_z \cdot \vec{k}) \cdot (b_x \cdot \vec{i} + b_y \cdot \vec{j} + b_z \cdot \vec{k})$$

$$\vec{i} \cdot \vec{i} = \vec{j} \cdot \vec{j} = \vec{k} \cdot \vec{k} = 1$$

$$\vec{i} \cdot \vec{j} = \vec{j} \cdot \vec{i} = 0$$

$$\vec{i} \cdot \vec{k} = \vec{k} \cdot \vec{i} = 0$$

$$\vec{j} \cdot \vec{k} = \vec{k} \cdot \vec{j} = 0$$

Exemplu: lucrul mecanic elementar

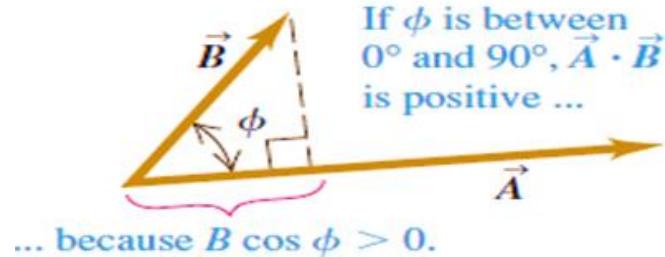
$$\delta L = \vec{F} \cdot d\vec{r}$$

# Operații cu mărimi vectoriale - recapitulare

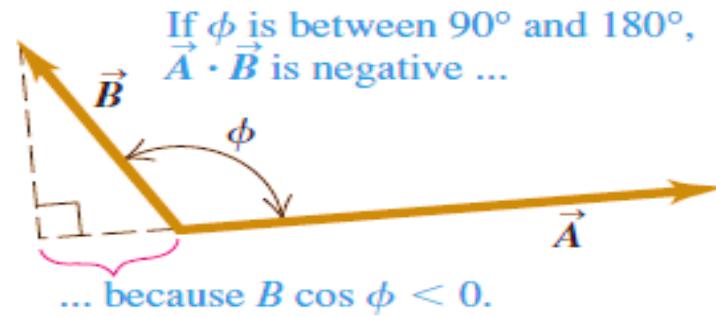
## c) Produsul scalar a doi vectori

În funcție de unghiul dintre  $\vec{A}$  și  $\vec{B}$ , produsul scalar poate să fie:

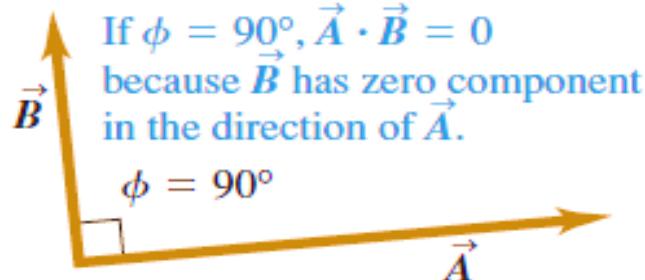
➤ POZITIV



➤ NEGATIV



➤ ZERO



# Operații cu mărimi vectoriale - recapitulare

## c) Produsul scalar a doi vectori

Aplicație:

Să se determine unghiul dintre:

$$\vec{A} = 2\vec{i} + 3\vec{j} + 1\vec{k}$$

$$\vec{B} = -4\vec{i} + 2\vec{j} - 1\vec{k}$$

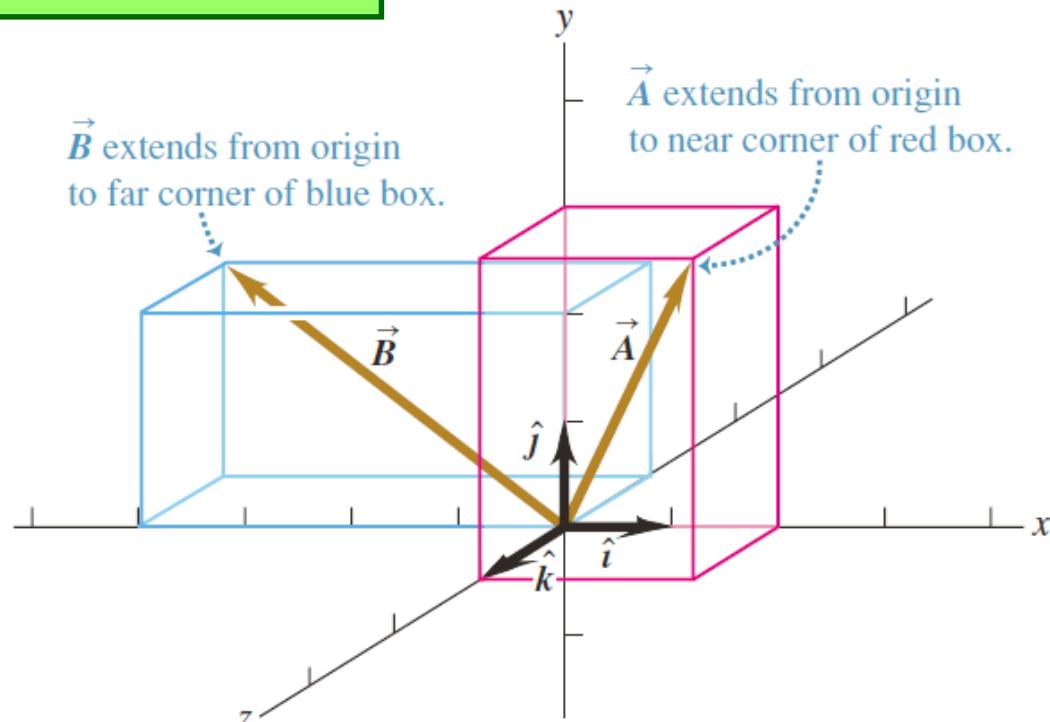
Rezolvare:

Se calculează produsul scalar:

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z$$

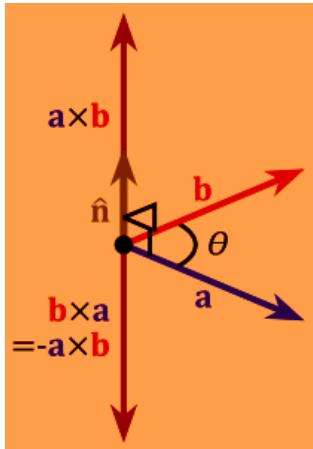
Se determină modulul fiecărui vector, după care se determină unghiul:

$$\cos \alpha = \frac{\vec{A} \cdot \vec{B}}{AB} = \frac{A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2} \sqrt{B_x^2 + B_y^2 + B_z^2}} \Rightarrow \alpha = 100^\circ$$



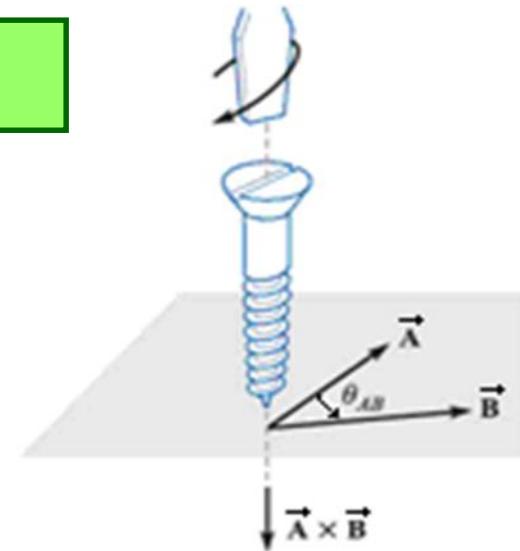
# Operări cu mărimi vectoriale - recapitulare

## d) Produsul vectorial a doi vectori



$$|\vec{a} \times \vec{b}| = a b \sin \alpha$$

$$\vec{a} \times \vec{b} = \begin{bmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \end{bmatrix}$$



Exemplu: momentul cinetic

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

$$\vec{i} \times \vec{i} = \vec{j} \times \vec{j} = \vec{k} \times \vec{k} = 0$$

$$\vec{i} \times \vec{j} = -(\vec{j} \times \vec{i}) = \vec{k}$$

$$\vec{j} \times \vec{k} = -(\vec{k} \times \vec{j}) = \vec{i}$$

$$\vec{k} \times \vec{i} = -(\vec{i} \times \vec{k}) = \vec{j}$$

# Operări cu mărimi vectoriale - recapitulare

## d) Produsul vectorial a doi vectori

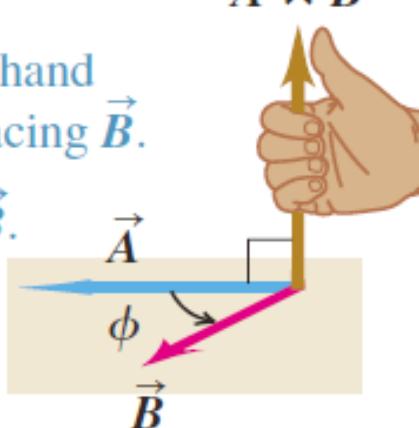
### Regula mâinii drepte

(a) Using the right-hand rule to find the direction of  $\vec{A} \times \vec{B}$

① Place  $\vec{A}$  and  $\vec{B}$  tail to tail.

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

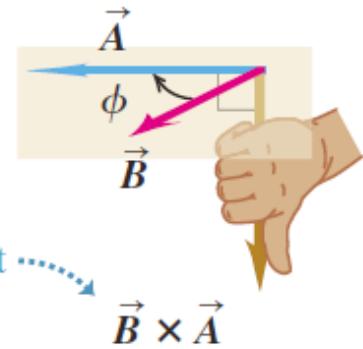
② Point fingers of right hand along  $\vec{A}$ , with palm facing  $\vec{B}$ .



③ Curl fingers toward  $\vec{B}$ .

④ Thumb points in direction of  $\vec{A} \times \vec{B}$ .

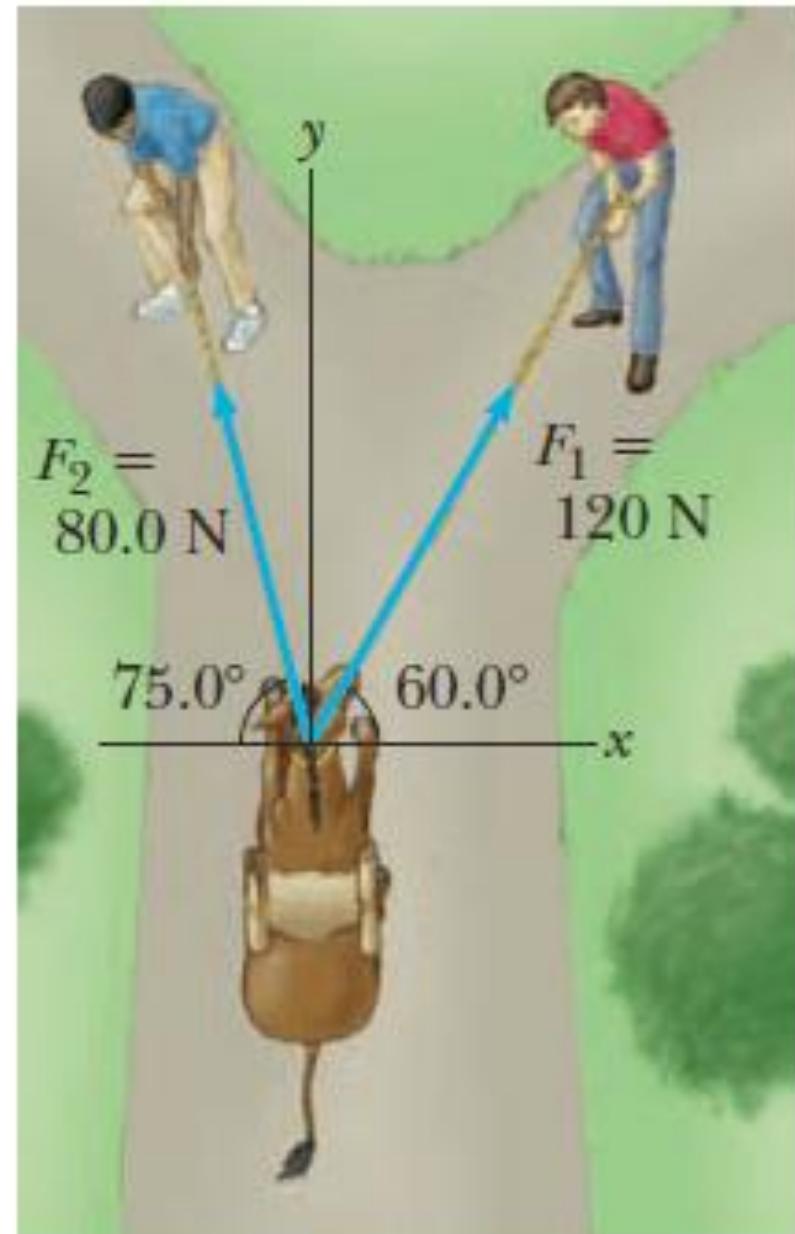
(b)  $\vec{B} \times \vec{A} = -\vec{A} \times \vec{B}$  (the vector product is anticommutative)



Same magnitude but  
opposite direction

## Studiu individual

Să se determine sensul, direcția și modulul forței rezultante, folosind valorile din figura alăturată.

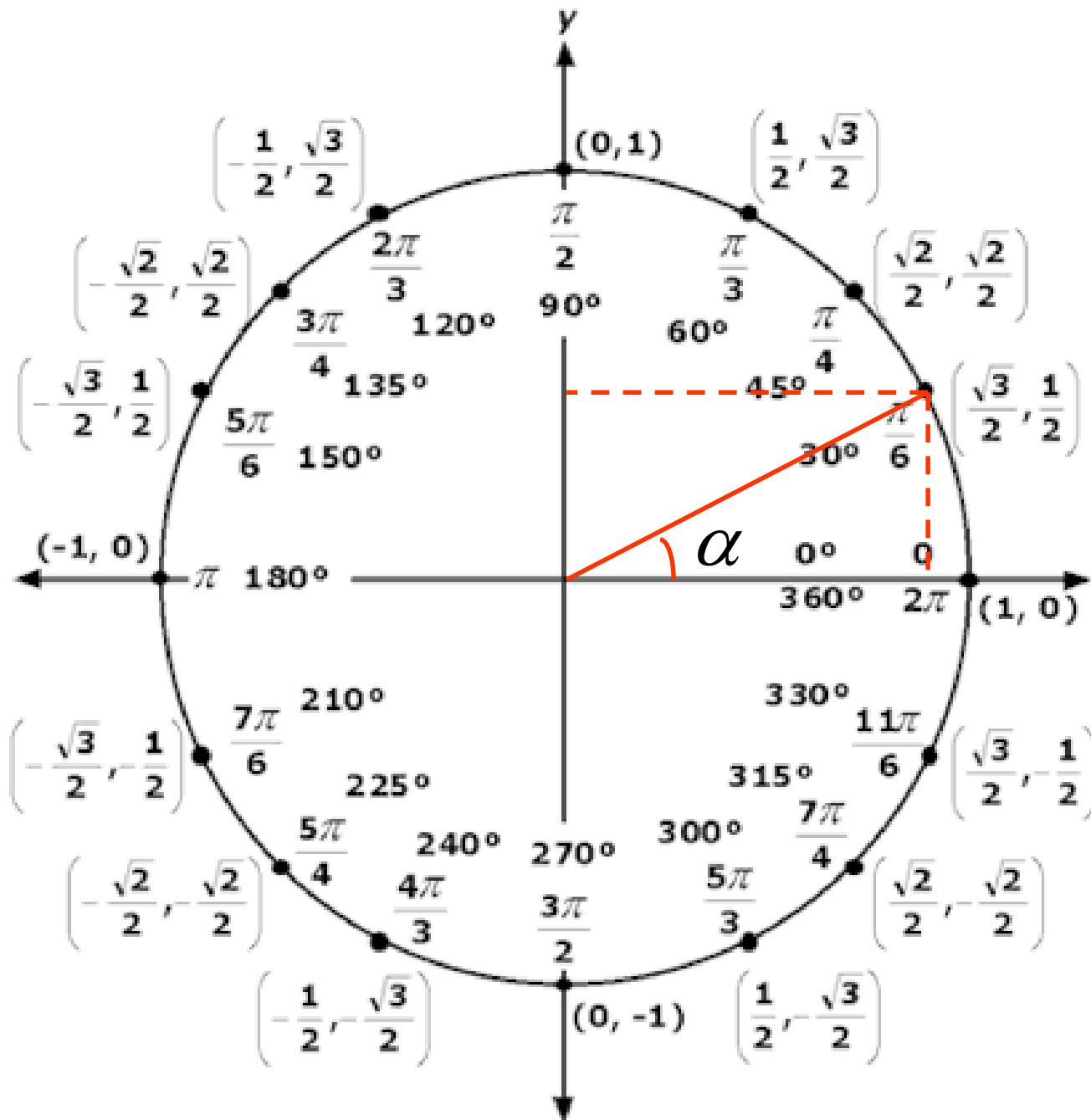


# Anexă

$\alpha$	$0^\circ$	$30^\circ \left(\frac{\pi}{6}\right)$	$45^\circ \left(\frac{\pi}{4}\right)$	$60^\circ \left(\frac{\pi}{3}\right)$	$90^\circ \left(\frac{\pi}{2}\right)$
$\sin \alpha$	$0 \left(\frac{\sqrt{0}}{2}\right)$	$\frac{1}{2} \left(\frac{\sqrt{1}}{2}\right)$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$1 \left(\frac{\sqrt{4}}{2}\right)$
$\cos \alpha$	$1 \left(\frac{\sqrt{4}}{2}\right)$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2} \left(\frac{\sqrt{1}}{2}\right)$	$0 \left(\frac{\sqrt{0}}{2}\right)$

$$360^\circ = 2\pi \text{ rad}$$

# Anexă



$$\cos \alpha = x$$

$$\sin \alpha = y$$

După parcurgerea acestui curs studentul trebuie să:

- enumere mărimile fundamentale ale Sistemului Internațional de Unități și unitățile lor de măsură;
- transforme o unitate de măsură în multipli respectiv submultipli acesteia;
- să deducă, pornind de la relațiile de definiție, expresiile dimensionale ale mărimilor fizice;
- facă diferența dintre mărimile scalare și cele vectoriale;
- cunoască metodele grafice de adunare și scădere a vectorilor;
- proiecteze un vector pe axele de coordonate și să exprime componente sale;
- cunoască și să aplique în probleme metoda analitică de compunere a vectorilor;
- definească produsul scalar și vectorial a doi vectori;

# BIBLIOGRAFIE

- **Fizica**, F. W.Sears, Zemansky , H. D.Young, Ed. Didactica si Pedagogica, 1983;
- **Fizica Elemente Fundamentale**, M. Cristea, F. Barvinschi, I. Luminosu, D. Popov, I. Damian, I. Zaharie, Ed. Politehnica, 2009;
- **Curs de Fizică generală**, F. Barvinschi, Ed. Orizonturi Universitare, 2016;
- **Elemente de fizică generală**, D. Popov, I. Damian, Ed. Politehnica, 2014;
- **Fizica între teamă și respect. Fundamentele începătorului**, V. Dorobantu, S. Pretorian, Ed. Politehnica, 2009.
- **Fizica. Teorie, aplicatii, autoevaluare**, I. Luminosu, V. Chiritoui, N. Pop, M. Costache, Ed. Politehnica, 2009.
- **Physics for Scientists and Engineers** - Sixth Edition, Paul Tipler, Gene Mosca, Ed. W.H. Freeman and Company, 2008
- **PHYSICS for Scientist and Engineers with Modern Physics** – Seventh Edition, R. Serway, J. Jewett, ed. Thomson Brooks/Cole, 2008.
- **Sears & Zemansky's University Physics: with Modern Physics**, 13th Edition, H. Young, R. Freedman, ed. Pearson, 2012