CURS 1 INTRODUCERE IN FIZICA. MECANICA.

1.1 Fizica şi ingineria

Fizica (*physis = natura,* l.greacă) studiază structura, proprietățile şi formele de mişcare ale materiei.

Materia este o categorie filozofică prin care este desemnată realitatea obiectivă, independent de conştiința umană şi reflectată adecvat de aceasta; materia are *două forme de existentă*:

- **a.** ***substanța*** – alcătuită din particule elementare cu masa de repaus nenulă
- **b.** ***câmpul*** - alcătuit din particule elementare cu masa de repaus nulă.

Proprietatea esențială a materiei este m***işcarea***.

Fizica este una dintre ***ştiințele naturii*** alături de chimie şi biologie. Ea este o ştiință care operează cu ***modele*** şi ***teorii.*** Acestea corelează evenimentele observate şi care pot conduce la predicții care ar putea fi corelate la rândul lor cu observații sau experimente ulterioare.

Teorie-un model acceptat**.** O teorie nu este niciodată complet dovedită.

Metoda ştiințifică de studiu utilizată de fizică constă în încercarea sistematică de a construi teorii ce corelează dovezi evidente legate de fenomenele observate; sunt urmate etapele:

-*înregistrarea sistematică* a datelor experimentale

-*formularea unor legi* care stabilesc relațiile dintre mărimile masurate;

-*dezvoltarea principiilor generale* care guvernează domenii foarte largi ale fenomenelor studiate.

Ingineria este o ştiință aplicată ⇒ utilizează rezultatele cercetărilor obținute de ştiințele naturii pentru elaborarea unor tehnologii în vederea realizării unor produse la scară industrială.

Fizica este o ***ştiință cantitativă*** bazată pe *definirea* corectă a mărimilor fizice, realizarea de *experimente* şi *măsurători* precise asupra lor şi stabilirea de *relații numerice* intre valorile mărimilor fizice masurate.

1.2 Mărimi fizice. Unități de măsură

Mărimile fizice se clasifică în:

-mărimi fundamentale- exprimate cu ajutorul *unităților de măsură fundamentale*, alese arbitrar;

-mărimi derivate -toate celelalte mărimi fizice pot fi definite pe baza mărimilor fundamentale şi se numesc *mărimi derivate*.

Cel mai răspandit sistem de unitǎti de mǎsura este Sistemul International (SI) in care mǎrimile fizice fundamentale sunt:

-lungimea*, *masa* şi *timpul - mecanica(*metru, kilogram* şi *secundă*)
-temperaturii – termodinamica (*grad Kelvin)****-intensitatea***
curentului – electricitate (*amper*)***-cantitatea de substanță*** (*molul)*
-intensitatea luminoasă (*candela*)

Tabel 1.1 Mărimi fizice fundamentale ale unităților din SI.

Mărime fizică	*Unitate de masură [SI]*	*Simbol*
Lungimea	metru	m
Masa	kilogram	kg
Timp	secundă	s
Temperatura	kelvin	K
Intensitatea curentului	amper	A
Intensitatea luminoasă	candela	cd
Cantitatea de substanță	mol	mol

În prezent, în ştiință şi în inginerie sunt folosite trei sisteme importante de unități de măsură:
- sistemul metru – kilogram – secundă (***sistemul MKS*** sau ***Sistemul International, SI***)
- - sistemul centimetru – gram – secundă (***sistemul CGS*** sau ***sistemul Gaussian***)
- -sistemul foot-pound-second (***picior – livră – secundă*** in limba engleză, ***sistemul FPS*** sau ***British Engineering System***, prescurtat uneori ***BS*** de la ***British System***, sau ***BU***, de la ***British units***).

Tabel 1.2 Prefixe pentru multiplii şi submultiplii unităților de măsură.

Multiplu	*Prefix*	*Simbol*
10^{18}	exa	E
10^{15}	penta	P
10^{12}	tera	T
10^{9}	giga	G
10^{6}	mega	M
10^{3}	kilo	k
10^{2}	hecto	h
10^{1}	deca	da
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	mili	m
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a

Aceste prefixe pot fi aplicate unităților de măsură ale oricărei mărimi fizice din SI.

1.3 Vectori şi scalari

Mărimile fizice se clasifică în:

- ***mărimi scalare (scalari)***
- ***mărimi vectoriale (vectori)***

Reprezentarea unui vector se poate face folosind- ***metoda grafică***
-***metoda analitică***

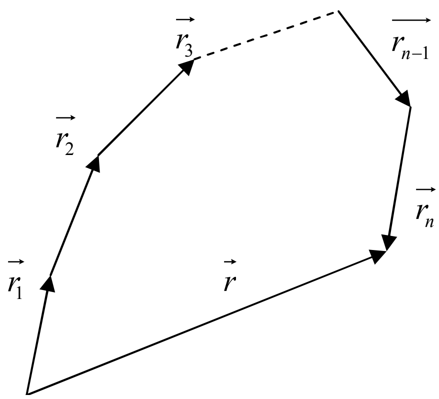


Fig.1.1 Adunarea vectorilor.

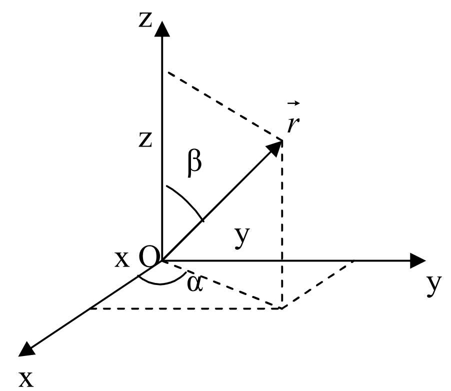


Fig.1.2 Componentele unui vector.

Ducem linii perpendiculare din vârful vectorului pe fiecare dintre axe şi obţinem cantităţile $\vec{r}_x$, $\vec{r}_y$ şi $\vec{r}_z$, numite ***componentele vectorului***. Procesul se numeste ***descompunerea vectorului*** în componentele sale.

Expresia analitica a vectorului $\vec{r}$ este

$$\vec{r} = r_x\vec{i} + r_y\vec{j} + r_z\vec{k} \tag{1.1}$$

unde $\vec{i}$, $\vec{j}$ şi $\vec{k}$ sunt ***vectorii unitate*** (***versorii***) axelor Ox, Oy, Oz.

Din figura 1.2. observăm că cele trei componente ale vectorului $\vec{r}$ sunt

$$\begin{aligned} r_x &= r \cdot \cos\alpha \sin\beta \\ r_y &= r \cdot \sin\alpha \sin\beta \\ r_z &= r \cdot \cos\beta \end{aligned} \tag{1.2}$$

unde r este ***mărimea (modulul)*** vectorului

$$r = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + r_z^2} \tag{1.3}$$

Adunarea mai multor vectori folosind *metoda analitică*:

-se descompune fiecare vector în componentele sale într-un sistem de coordonate dat

-se însumeaza algebric componentele individuale de-a lungul unei axe particulare şi se obţine componenta vectorului sumă de-a lungul acelei axe.

Fie vectorii

$$\vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k} \tag{1.4}$$

$$\vec{b} = b_x\vec{i} + b_y\vec{j} + b_z\vec{k} \tag{1.5}$$

Suma lor va este

$$\vec{s} = (a_x + b_x)\vec{i} + (a_y + b_y)\vec{j} + (a_z + b_z)\vec{k} \tag{1.6}$$

Înmulțirea unui vector cu un scalar - rezultă este un vector ale cărui componente sunt produsele dintre componentele vectorului inițial şi scalarul dat.

Produsul scalar a doi vectori $\vec{a}$ şi $\vec{b}$ este definit

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a \cdot b \cos\alpha \tag{1.7}$$

unde a şi b sunt modulele vectorilor $\vec{a}$ şi $\vec{b}$, iar α este cel mai mic unghi dintre cei doi vectori (Fig. 1.3). Produsul scalar a doi vectori este un scalar.

Dacă vectorii au componentele $\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k}$, respectiv $\vec{b} = b_x \vec{i} + b_y \vec{j} + b_z \vec{k}$, atunci produsul lor scalar va fi

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a_x b_x + a_y b_y + a_z b_z \tag{1.8}$$

Produsul vectorial a doi vectori este un nou vector (Fig. 1.3)

$$\vec{a} \times \vec{b} = \vec{c} \tag{1.9}$$

unde β este unghiul dintre vectorii $\vec{a}$ şi $\vec{b}$. Vectorul rezultant $\vec{c}$ are:

-modul $c = a \cdot b \cdot \sin\beta$

-direcția este perpendiculara pe planul format de $\vec{a}$ şi $\vec{b}$

-sensul este dat de deplasarea unui şurub aşezat paralel cu $\vec{c}$ (regula burghiului), care se roteşte de la $\vec{a}$ la $\vec{b}$ pe drumul cel mai scurt.

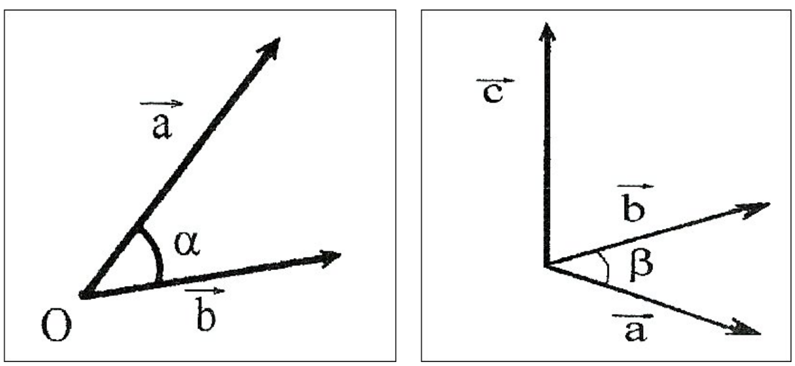


Fig.1.3 Produsul scalar respectiv vectorial a doi vectori

Rezultatul produsului scalar se exprima analitic sub forma determinantului

$$\vec{a} \times \vec{b} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ a_x & a_y & a_z \\ b_x & b_y & b_z \end{vmatrix} = \left(a_y b_z - a_z b_y\right)\vec{i} + \left(a_z b_x - a_x b_z\right)\vec{j} + \left(a_x b_y - a_y b_x\right)\vec{k} \tag{1.10}$$

Există multe mărimi fizice vectoriale definite ca produs vectorial: momentul forței ($\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}$), momentul cinetic ($\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p}$), etc.

1.4 Cinematica. Translația

Cea mai veche dintre ramurile fizicii este ***mecanica*** - studiază mişcarea obiectelor.

- ***cinematica***-studiaza mişcarea fără a analiza cauzele sale

- ***dinamica*** corelează caracteristicile mişcării cu forțele care o determină şi cu proprietățile inerțiale ale obiectelor aflate în mişcare

- ***statica*** se ocupă cu studiul echilibrului corpurilor sub acțiunea forțelor ce acționează asupra lor.

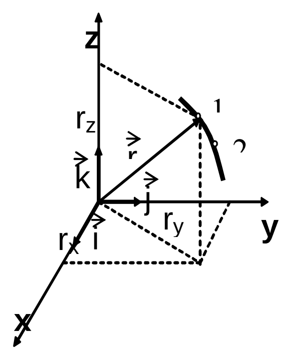
Pentru a simplifica descrierea mişcării obiectelor ale căror dimensiuni şi forme nu influenţează mişcarea se utilizeaza noţiunea de ***punct material*** (un punct matematic ce este caracterizat numai de poziţia şi masa sa).

Poziţia unui punct material este indicată prin ***vectorul de poziţie,*** $\vec{r}$**,** (fig.1.4) definit ca fiind vectorul ce uneşte originea sistemului de coordonate cu punctul şi are expresia

$$\vec{r} = x \cdot \vec{i} + y \cdot \vec{j} + z \cdot \vec{k} \tag{1.11}$$

unde componentele vectorului de poziţie (x, y, z) sunt coordonatele punctului material pe cele trei axe.

Fig.1.4 Traiectoria unui punct material.



Pentru a descrie mişcarea unei particule, avem nevoie de conceptele care descriu variaţia în timp a vectorului de poziţie ($\vec{r}$), viteza ($\vec{v}$) şi acceleraţia ($\vec{a}$).

Viteza unui obiect este raportul dintre distanţa totală parcursă de acel obiect şi durata deplasării sale. Viteza este o mărime fizică vectorială.

Definim vectorul deplasare al punctului material (din punctul *1* în punctul *2*), $\Delta\vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$. Considerăm că la momentul t_1, particula se află în punctul *1* având poziţia precizată de vectorul de poziţie $\vec{r}_1$, iar la momentul t_2, particula se află la punctul *2*, poziţia sa fiind dată de $\vec{r}_2$.

Viteză medie a punctului material în intervalul de timp $\Delta t = t_2 - t_1$, se defineşte

$$<\vec{v}> = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{t_2 - t_1} \tag{1.12}$$

V***iteza instantanee*** se defineşte

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{d\vec{r}}{dt} = \frac{dx}{dt}\vec{i} + \frac{dy}{dt}\vec{j} + \frac{dz}{dt}\vec{k} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k} \tag{1.13}$$

Vectorul viteză $\vec{v}$ este tangent la traiectoria punctului material.

Dacă vectorul viteză al punctului material se schimbă în timpul mişcării, se spune că acesta are o ***acceleraţie***.

Acceleraţia medie a punctului material este o mărime fizică vectorială care se defineşte

$$<\vec{a}> = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} \tag{1.14}$$

Dacă acceleraţia punctului material se schimbă în timpul mişcării exprimăm acceleraţia în fiecare moment al mişcării.

Acceleraţia instantanee se defineşte

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2} = \frac{dv_x}{dt}\vec{i} + \frac{dv_y}{dt}\vec{j} + \frac{dv_z}{dt}\vec{k} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k} \tag{1.15}$$

unde $a_x = d^2x/dt^2$, $a_y = d^2y/dt^2$, $a_z = d^2z/dt^2$.

Dacă se cunoaşte evoluţia în timp a vectorului de poziţie $\vec{r}$, putem obţine prin derivarea sa în raport cu timpul, viteza şi acceleraţia punctului material în fiecare moment al mişcării. Invers, dacă cunoaştem acceleraţia unui punct material, determinăm viteza sa cu relaţia

$$\vec{v} = \int \vec{a}dt \qquad (1.16)$$

iar vectorul de poziţie (ecuaţia de mişcare a punctului material) cu relaţia

$$\vec{r} = \int \vec{v}dt \qquad (1.17)$$

Componentele vectorului viteză şi ecuaţiile cinematice ale mişcării sunt

$$\begin{aligned} &v_x = \int a_x dt, \quad v_y = \int a_y dt, \quad v_z = \int a_z dt \\ &x = \int v_x dt, \quad y = \int v_y dt, \quad z = \int v_z dt \end{aligned} \qquad (1.18)$$

Pentru componenta după axa Ox a mişcării avem

$$\begin{aligned} &v_x = \int a_x dt = a_x t + v_{ox} \\ &x = \int v_x dt = \frac{t^2 a_x}{2} + v_{ox} t + x_0 \end{aligned} \qquad (1.19)$$

Se pot scrie ecuaţii similare pentru componentele mişcării după axele Oy şi Oz.

Pentru a determina în mod complet viteza şi poziţia punctului material la fiecare moment, este necesar să cunoaştem condiţiile iniţiale ale mişcării, adică constantele a_{0x}, a_{0y}, a_{0z}, v_{0x}, v_{0y}, v_{0z}, x_0, y_0 şi z_0 sau limitele de integrare pentru ecuaţiile 1.16 şi 1.17.

1.5 Operatorii fizici

Operator - o expresie matematică ce se aplică asupra unei funcţii indicând un şir de operaţii ce trebuie efectuate cu funcţia respectivă.

Dacă operatorul se aplică pe o funcţie ce reprezintă o mărime fizică, el se numeşte **operator fizic** şi are şi o semnificaţie fizică bine determinată.

Am utilizat deja operatori fizici fără ca să-i menţionăm ca atare deoarece semnificaţia lor fizică era simplă: operatorul produs scalar sau produs vectorial al vectorului de poziţie cu o mărime fizică oarecare, operatorii de derivare sau de integrare în raport cu timpul sau cu variabilele de poziţie.

In continuare vom discuta câţiva operatori fizici mai importanţi.

a.Gradientul

Gradientul este un operator fizic care constă din operatorul matematic nabla, ∇, aplicat asupra unei mărimi fizice scalare.

Operatorul nabla are expresia

$$\nabla ... = \frac{d...}{d\vec{r}} = \frac{d...}{dr} * \frac{\vec{r}}{r} = \frac{\partial ...}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial ...}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial ...}{\partial z}\vec{k} \qquad (1.20)$$

asemănătoare cu aceea a unui vector. Aplicat asupra unei mărimi fizice scalare M conduce la

$$grad\, M = \nabla M = \frac{dM}{d\vec{r}} = \frac{dM}{dr} \cdot \frac{\vec{r}}{r} = \frac{\partial M}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial M}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial M}{\partial z}\vec{k} \qquad (1.21)$$

GradM este un vector.

Gradientului unei mărimi fizice M indica direcţia variaţiei maxime a acelei mărimi fizice.

Existenţa gradientului unei mărimi fizice într-un domeniu din spaţiu determină un fenomen de transport:

- *gradientul temperaturii* determină un transport de căldura, din regiunea cu temperatura ridicată în regiunea cu temperatura scăzută;

- *gradientul concentrației* determină un transport de substanță din regiunea cu concentrație mai ridicată în regiunea cu concentrație mai coborată;

b.Divergența

Operatorul divergență constă din operatorul matematic nabla aplicat asupra unei mărimi fizice vectoriale $\vec{A}$ printr-un produs scalar.

Divergența vectorului $\vec{A}$ (unde $\vec{A} = A_x\vec{i} + A_y\vec{j} + A_z\vec{k}$) este

$$div\vec{A} = \nabla \cdot \vec{A} = \left(\frac{\partial}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial}{\partial z}\vec{k}\right) \cdot \left(A_x\vec{i} + A_y\vec{j} + A_z\vec{k}\right) = \nabla \cdot \vec{A} = \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} + \frac{\partial A_z}{\partial z} \tag{1.22}$$

Divergența unei mărimi fizice vectoriale este un scalar.

Dacă divergența unei mărimi fizice este diferită de zero, liniile de câmp ale acelei mărimi fizice sunt dispersive, adică se împrăştie, iar dacă este egală cu zero, liniile de câmp vor fi rotaționale, adică vor fi curbe închise.

Produsul scalar al vectorului nabla (∇) cu el însuşi este operatorul nabla pătrat (∇^2)

$$\nabla^2 = \nabla \cdot \nabla = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} = \Delta \tag{1.23}$$

Acest operator se numeşte operatorul lui Laplace (operatorul laplacean sau pur şi simplu laplacean) notat Δ.

c.Rotorul

Operatorul rotor constă din operatorul matematic nabla aplicat asupra unei mărimi fizice vectoriale $\vec{A}$ printr-un produs vectorial. Rotorul vectorului $\vec{A}$ este

$$rot\vec{A} = \nabla \times \vec{A} = \left(\frac{\partial}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial}{\partial z}\vec{k}\right) \times \left(A_x\vec{i} + A_y\vec{j} + A_z\vec{k}\right) \tag{1.24}$$

$$\nabla \times \vec{A} = \left(\frac{\partial A_z}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial z}\right)\vec{i} + \left(\frac{\partial A_x}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial x}\right)\vec{j} + \left(\frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y}\right)\vec{k} \tag{1.25}$$

Rotorul unei mărimi fizice vectoriale este un vector.

Dacă rotorul unei mărimi fizice este diferit de zero, liniile de câmp ale acelei mărimi fizice sunt rotaționale (vor fi curbe închise), iar dacă este egal cu zero, liniile de câmp se împrăştie (sunt dispersive).

Utilizarea operatorilor divergență şi rotor este importantă în teoria câmpurilor (electrice, magnetice, gravitaționale).