

Memorator de fizică - pentru clasele 9-12 -

1. Vectori	3
1.1. Noțiuni fundamentale	3
1.2. Operații cu vectori	6
2. Noțiuni de cinematica punctului material	11
2.1. Mișcare și repaus. Sistem de referință	11
2.2. Punct material. Mobil	11
2.3. Vectorul de poziție și vectorul deplasare	12
2.4. Legea mișcării. Traiectorie	12
2.5. Viteza	13
2.6. Accelerația	14
2.7. Clasificarea mișcărilor punctului material	15
3. Principiile mecanicii newtoniene. Tipuri de forțe	23
3.1. Principiile mecanicii newtoniene	23
3.2. Tipuri de forțe	25
4. Interacțiuni prin câmpuri fizice	31
4.1. Legea atracției gravitaționale	31
4.2. Mișcări în câmpul gravitațional	33
5. Teoreme de variație și legi de conservare în mecanică	36
5.1. Lucrul mecanic	36
5.2. Lucrul mecanic efectuat de greutatea unui corp	37
5.3. Lucrul mecanic efectuat de forța elastică	38
5.4. Randamentul planului înclinat	38
5.5. Puterea mecanică	39
5.6. Energia mecanică	39
5.7. Teorema variației impulsului pentru punctul material	42
5.8. Teorema variației impulsului pentru un sistem de două puncte materiale	43
5.9. Centrul de masă al unui sistem format din două particule	44
5.10. Ciocniri	45
5.11. Momentul forței față de un punct	47
5.12. Momentul cinetic	48
6. Statica	50
6.2. Cuplu de forțe	51
6.3. Echilibrul punctului material	51
6.4. Echilibrul solidului rigid liber	53
7. Electrostatica	54
7.1. Sarcina electrică	54
7.2. Legea lui Coulomb	55
7.3. Intensitatea câmpului electric	56
7.4. Energia potențială electrică	57
7.5. Potențialul electric	58
7.6. Energia potențială a unui sistem de sarcini:	60
7.7. Capacitatea electrică a unui conductor izolat	60
7.8. Condensatorul electric	61
7.9. Mișcarea purtătorilor de sarcină în câmp electric uniform	63
8. Electrocinetica	65
8.1. Intensitatea curentului electric	65
8.2. Tensiunea electrică. Tensiunea electromotoare	65
8.3. Rezistența electrică	66
8.4. Legile lui Ohm	67
8.5. Teoremele lui Kirchhoff	68
8.6. Gruparea rezistoarelor	70

8.7. Transformarea triunghi-Stein	70
8.8. Gruparea generatoarelor	71
8.9. Șuntul ampermetrului	73
8.10. Rezistența adițională a voltmetrului	73
8.11. Energia și puterea curentului electric	74
9. Electromagnetism	77
9.1. Câmpul magnetic	77
9.2. Inducția câmpului magnetic	77
9.3. Forța electromagnetică	78
9.4. Câmpul magnetic al unor curenți electrici staționari	79
9.5. Fluxul magnetic	82
9.6. Forța electrodinamică	83
9.7. Forța Lorentz	84
9.8. Inducția electromagnetică	84
9.9. Autoinducția	85
10. Elemente de termodinamică și fizică moleculară	87
10.1. Mărimi legate de structura discretă a substanței	87
10.2. Sisteme termodinamice	89
10.3. Temperatura empirică	91
10.4. Scări de temperatură	92
10.5. Dilatarea	93
10.6. Formula fundamentală a teoriei cinetico-moleculare	95
10.7. Ecuația termică de stare a unui gaz ideal	97
10.8. Energia internă a gazului ideal	97
10.9. Ecuația calorică de stare a gazului ideal	98
10.10. Transformările simple ale gazului ideal	98
10.11. Legea Dalton	102
10.12. Coeficienți calorici	103
10.13. Primul principiu al termodinamicii	104
10.14. Aplicații ale primului principiu al termodinamicii	105
10.15. Transformarea adiabatică	105
10.16. Transformări politrope	106
10.17. Al doilea principiu al termodinamicii	106
10.18. Randamentul motoarelor termice	107
10.19. Ciclul Carnot	107
10.20. Motorul Otto	109
10.21. Motorul Diesel	110
11. Optica	111
11.1. Noțiuni introductive	111
11.2. Reflexia și refracția luminii. Reflexia totală	114
11.3. Dispersia luminii	116
11.4. Sisteme optice. Aproximația gaussiană	118
11.5. Dioptrul sferic	122
11.6. Sisteme de dioptri	125
11.7. Oglinzi sferice	125
11.8. Lentile optice	130
12. Elemente de optică ondulatorie	137
12.1. Principiul Huygens	137
12.2. Coerența undelor	138
12.3. Interferența luminii. Dispozitive interferențiale	139
12.4. Difracția luminii	149
12.5. Absorbția luminii	152
12.6. Polarizarea luminii	153
Formule uzuale	155

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
POLL, EMILIA

Memorator de fizică: pentru clasele 9-12 / Emilia Poll Ed. rev.

- București : Booklet, 2018

Bibliogr.

ISBN 978-606-590-644-0

53(075)

I. Vectori

1.1. Noțiuni fundamentale

Noțiunea de vector, introdusă de **SIMON STEVIN** (1548-1620) provine din limba latină și înseamnă „purător”.

Definiție: *Vectorul este un segment de dreaptă orientat, caracterizat prin următoarele elemente:*

- **punct de aplicație** (punctul A);
- **direcție** (dreapta Δ);
- **sens** (indicat de săgeată);
- **modul** (lungimea segmentului AB).

Se notează cu $\overrightarrow{AB}$
sau $\vec{v}$ (vezi fig. 1)

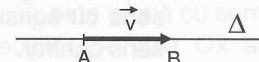


fig. 1 - vector - reprezentare geometrică

Clasificare:

Vectorii pot fi: - **legați** (punct de aplicație fix);

- **alunecători** (dreapta suport este fixată, dar punctul de aplicație poate fi deplasat în lungul acestei drepte);

- **liberi** (punctul lor de aplicație poate fi deplasat oriunde în spațiu, suportul lor rămânând paralel cu aceeași dreaptă).

Definiție: *Versorul (vectorul unitar) al unui vector $\vec{a}$ este un vector având direcția și sensul vectorului $\vec{a}$, iar modulul egal cu unitatea:*

$$\vec{a} = a \cdot \vec{u}$$

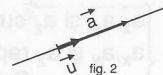
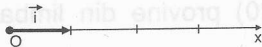


fig. 2

Versorul unei axe este un vector care are modulul egal cu unitatea de lungime pe axă; direcția aceeași cu a axei; sensul același cu sensul pozitiv al axei; punctul de aplicație în originea axei (O).

Exemplu:



Pentru axele Ox, Oy și Oz vectorii corespunzători se notează cu $\vec{i}$, $\vec{j}$ și respectiv $\vec{k}$.

Expresia analitică a unui vector:

Orice vector situat pe axa Ox poate fi scris sub forma:

$$\vec{a} = a_x \cdot \vec{i}$$

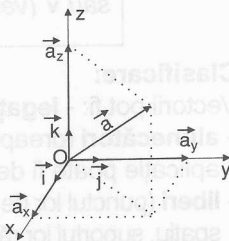
unde $-a_x$ este proiecția vectorului $\vec{a}$ pe axa Ox; această proiecție este pozitivă dacă vectorul are același sens cu sensul pozitiv al axei și negativă în sens contrar.

Într-un sistem ortogonal de axe Oxyz, un vector $\vec{a}$ poate

fi scris astfel: $\vec{a} = \vec{a}_x + \vec{a}_y + \vec{a}_z$

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

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



unde:

- $\vec{a}_x, \vec{a}_y$, și $\vec{a}_z$ sunt componentele vectorului $\vec{a}$ pe cele 3 axe
- a_x, a_y și a_z reprezintă proiecțiile vectorului $\vec{a}$ pe cele 3 axe Ox, Oy Oz
- $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ - sunt versorii axelor Ox, Oy și Oz

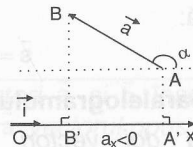
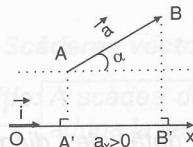
Proiecția unui vector $\vec{a}$ pe axa Ox de versor $\vec{i}$, este numărul real a_x definit de relația:

$$a_x = \vec{a} \cdot \vec{i} = a \cdot \cos \alpha$$

unde α este unghiul format de vectorul $\vec{a}$ cu axa Ox.

Dacă $-\frac{\pi}{2} < \alpha < \frac{\pi}{2}$ proiecția este pozitivă, iar dacă

$\frac{\pi}{2} < \alpha < \frac{3\pi}{2}$ proiecția este negativă.

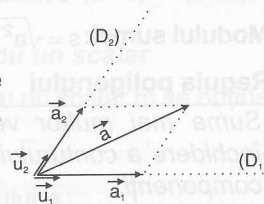


Teoremă: Proiecția pe o axă Ox a sumei $\vec{S}$ a vectorilor $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \dots, \vec{v}_n$ este egală cu suma algebrică a proiecțiilor pe axa Ox ale vectorilor $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \dots, \vec{v}_n$: $S_x = v_{1x} + v_{2x} + \dots + v_{nx}$

Descompunerea unui vector după două direcții concurente:

A descompune un vector $\vec{a}$ după două direcții concurente (D_1) și (D_2), de versori $\vec{u}_1$ și $\vec{u}_2$, înseamnă a afla doi vectori $\vec{a}_1$ și $\vec{a}_2$, orientați după direcțiile D_1 și, respectiv D_2 , astfel încât:

$$\vec{a} = \vec{a}_1 + \vec{a}_2 = a_1 \cdot \vec{u}_1 + a_2 \cdot \vec{u}_2$$



Vectorii $\vec{a}_1$ și $\vec{a}_2$ se numesc componentele vectorului $\vec{a}$ după direcțiile D_1 , respectiv, D_2 .

1.2. Operații cu vectori

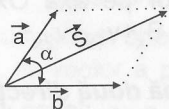
1.2.1. Adunarea vectorilor

În urma adunării a doi vectori $\vec{a}$ și $\vec{b}$ se obține tot un vector, notat cu $\vec{s}$, numit vector rezultat sau rezultantă:

$$\vec{s} = \vec{a} + \vec{b}.$$

Regula paralelogramului

Suma a doi vectori este dată de diagonala paralelogramului construit cu cei doi vectori componenți ca laturi, având origine comună.

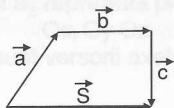


$$\vec{s} = \vec{a} + \vec{b}$$

Modulul sumei: $s = \sqrt{a^2 + b^2 + 2a \cdot b \cdot \cos \alpha}$ unde $\alpha = (\vec{a}, \vec{b})$.

Regula poligonului

Suma mai multor vectori este dată de linia de închidere a conturului poligonal construit cu vectorii componenți.



$$\vec{s} = \vec{a} + \vec{b} + \vec{c}$$

Proprietățile adunării vectorilor

1. adunarea vectorilor este **comutativă**: $\vec{a} + \vec{b} = \vec{b} + \vec{a}$

2. adunarea vectorilor este **asociativă**:

$$(\vec{a} + \vec{b}) + \vec{c} = \vec{a} + (\vec{b} + \vec{c})$$

3. adunarea vectorilor este **distributivă**: dacă m și n sunt numere reale, atunci:

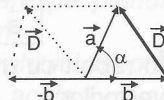
$$m(\vec{a} + \vec{b}) = m \cdot \vec{a} + m \cdot \vec{b}$$

$$(m+n)\vec{a} = m \cdot \vec{a} + n \cdot \vec{a}$$

1.2.2. Scăderea vectorilor

Definiție: A scădea doi vectori $\vec{a}$ și $\vec{b}$ înseamnă a aduna la vectorul $\vec{a}$ vectorul opus $-\vec{b}$.

$$\vec{D} = \vec{a} - \vec{b}$$



Modulul vectorului diferență este dat de relația:

$$D = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \alpha} \quad \text{unde } \alpha = (\vec{a}, \vec{b})$$

Scăderea vectorilor este **anticomutativă** $(\vec{a} - \vec{b}) = -(\vec{b} - \vec{a})$.

1.2.3. Înmulțirea unui vector cu un scalar

Prin înmulțirea unui vector $\vec{a}$ cu un scalar m se obține un vector $m\vec{a}$ care are:

- **modulul** egal cu $|m| \cdot |\vec{a}|$;
- **direcția** aceeași cu a vectorului $\vec{a}$;
- **sensul** dat de semnul lui m , astfel:
 - dacă $m > 0$, sensul va fi același cu $\vec{a}$;
 - dacă $m < 0$, sensul va fi opus lui $\vec{a}$.

Proprietățile înmulțirii vectorilor cu scalari:

1. înmulțirea unui vector cu un scalar este **asociativă**:

$$m(n\vec{a}) = (mn)\vec{a}$$

2. înmulțirea unui vector cu un scalar este **distributivă**:

$$m(\vec{a} + \vec{b}) = m\vec{a} + m\vec{b}$$

$$(m + n)\vec{a} = m\vec{a} + n\vec{a}$$

1.2.4. Produsul scalar a doi vectori

Definiție: Produsul scalar a doi vectori $\vec{a}$ și $\vec{b}$ este numărul real, notat $\vec{a} \cdot \vec{b}$, egal cu produsul modulelor celor doi vectori prin cosinusul unghiului dintre ei:

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| |\vec{b}| \cos \alpha \quad \text{unde } \alpha = \angle(\vec{a}, \vec{b})$$

În raport cu un sistem triortogonal, produsul scalar al vectorilor:

$$\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k} \quad \text{și}$$

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

se va scrie:

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

S-a ținut cont că: $\vec{i} \cdot \vec{i} = \vec{j} \cdot \vec{j} = \vec{k} \cdot \vec{k} = 1$ și $\vec{i} \cdot \vec{j} = \vec{j} \cdot \vec{k} = \vec{k} \cdot \vec{i} = 0$.

Proprietățile produsului scalar

1. produsul scalar este **comutativ**: $\vec{a} \cdot \vec{b} = \vec{b} \cdot \vec{a}$.

2. $\vec{a} \cdot \vec{b} = a \cdot \text{pr}_{\vec{a}} \vec{b} = b \cdot \text{pr}_{\vec{b}} \vec{a}$

3. produsul scalar este **distributiv** față de adunarea vectorilor: $\vec{a} \cdot (\vec{b} + \vec{c}) = \vec{a} \cdot \vec{b} + \vec{a} \cdot \vec{c}$.

4. produsul scalar al unui vector prin el însuși este dat de relația: $\vec{a} \cdot \vec{a} = \vec{a}^2 = a^2$.

5. $(m\vec{a}) \cdot (n\vec{b}) = m \cdot n \vec{a} \cdot \vec{b}$.

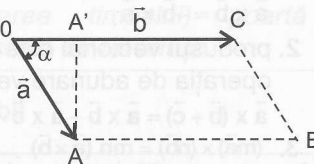
6. $\vec{a} \cdot \vec{b} = 0$ dacă $\vec{a} = \vec{0}$ sau $\vec{b} = \vec{0}$, sau dacă $\vec{a}$ este perpendicular pe $\vec{b}$.

1.2.5. Produsul vectorial a doi vectori

Definiție: Produsul vectorial a doi vectori $\vec{a}$ și $\vec{b}$, notat prin $\vec{c} = \vec{a} \times \vec{b}$, este definit ca un vector caracterizat prin următoarele elemente:

- **modulul** $|\vec{c}| = c = |\vec{a}| \cdot |\vec{b}| \cdot \sin \alpha$, unde $\alpha = \angle(\vec{a}, \vec{b})$;
- **direcția** este perpendiculară pe planul determinat de cei doi vectori;
- **sensul** este dat de regula burghiului (drept);
- **punctul de aplicație** este același cu al vectorilor componenți sau în vârful unuia dintre ei.

Obs.: Modulul produsului vectorial este numeric egal cu aria paralelogramului având ca laturi cei doi vectori $\vec{a}$ și $\vec{b}$.



$$A_{OABC} = \overline{OC} \cdot \overline{AA'} = a \cdot b \cdot \sin \alpha$$

Definiție: Mobil reprezintă orice corp aflat în mișcare.

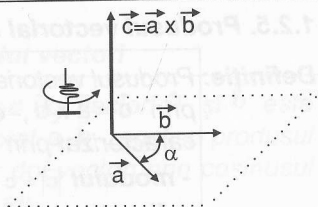
Se așază burghiul perpendicular pe planul format de cei doi vectori $\vec{a}$ și $\vec{b}$ și se rotește astfel ca vectorul $\vec{a}$ să se suprapună peste vectorul $\vec{b}$ pe drumul cel mai scurt. Sensul de înaintare al burghiului va fi și sensul produsului vectorial.

În raport cu un sistem triortogonal, produsul vectorial al vectorilor:

$$\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k} \text{ și}$$

$$\vec{b} = b_x \vec{i} + b_y \vec{j} + b_z \vec{k} \text{ se poate scrie:}$$

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



Proprietățile produsului vectorial:

1. produsul vectorial este **anticomutativ**:

$$\vec{a} \times \vec{b} = -\vec{b} \times \vec{a}.$$

2. produsul vectorial este **distributiv** în raport cu operația de adunare vectorială:

$$\vec{a} \times (\vec{b} + \vec{c}) = \vec{a} \times \vec{b} + \vec{a} \times \vec{c}.$$

3. $(m\vec{a}) \times (n\vec{b}) = mn (\vec{a} \times \vec{b})$.

4. $\vec{a} \times \vec{b} = \vec{0}$ dacă $\vec{a} = \vec{0}$ sau $\vec{b} = \vec{0}$, sau dacă $\vec{a}$ este paralel cu $\vec{b}$ (cu $\vec{a} \neq \vec{0}$ și $\vec{b} \neq \vec{0}$).

2. Noțiuni de cinematica punctului material

2.1. Mișcare și repaus. Sistem de referință

Definiție: Schimbarea în timp a poziției unui corp față de alte corpuri, considerate fixe, se numește **mișcare mecanică**.

Definiție: Un corp se află în **repaus** în raport cu alte corpuri dacă poziția sa față de acele corpuri, considerate fixe, nu se modifică.

Starea de repaus sau de mișcare are caracter relativ.

Definiție: Ansamblul format dintr-un sistem de coordonate (un corp de referință și o riglă pentru determinarea poziției) și un ceasornic (pentru măsurarea timpului) poartă denumirea de **sistem de referință**.

2.2. Punct material. Mobil

Definiție: Punctul material reprezintă un punct geometric caracterizat doar de masa corpului real studiat.

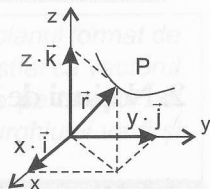
Este o noțiune ideală.

Definiție: Mobil reprezintă orice corp aflat în mișcare.

2.3. Vectorul de poziție și vectorul deplasare

Poziția unui punct $P(x,y,z)$ este reperată prin vectorul său de poziție $\vec{r} = \vec{OP}$, caracterizat prin:

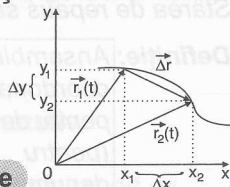
1. **modul** (sau mărime) dat de lungimea $r = OP$ a segmentului orientat OP .
 2. **direcție**, dată de dreapta definită de punctele O și P .
 3. **sens**, dat de succesiunea $O-P$, origine-mobil.
- Vectorul de poziție se poate scrie ca suma vectorială a componentelor sale pe cele trei axe de coordonate $\vec{r} = x \cdot \vec{i} + y \cdot \vec{j} + z \cdot \vec{k}$



Definiție: Vectorul deplasare al unui punct material față de un sistem de referință considerat reprezintă variația vectorului de poziție într-un interval de timp stabilit.

$$\vec{\Delta r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1 \Leftrightarrow \begin{cases} \Delta x = x_2 - x_1 \\ \Delta y = y_2 - y_1 \end{cases}$$

$$[\Delta r]_{SI} = m$$



2.4. Legea mișcării. Traiectorie

Definiție: Legea mișcării (sau ecuația cinematică a mișcării unui mobil) reprezintă relația matematică care stabilește dependența de timp a vectorului său de poziție:

- (1) $\vec{r}(t) = x(t) \cdot \vec{i} + y(t) \cdot \vec{j} + z(t) \cdot \vec{k}$ respectiv a coordonatelor poziției sale:
- (2) $x = x(t)$, $y = y(t)$, $z = z(t)$.

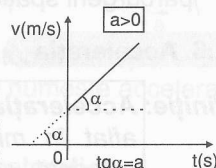
Definiție: **Traectoria** este curba descrisă de un mobil.

Ecuația traiectoriei mobilului în raport cu un sistem de axe $Oxyz$ se obține prin eliminarea lui t din ecuațiile (2).

2.5. Viteza

Definiție: **Viteza medie** a unui punct material aflat în mișcare în raport cu un sistem de referință, este mărimea fizică vectorială definită ca raportul dintre vectorul deplasare și intervalul de timp considerat.

$$\vec{v}_m = \frac{\vec{\Delta r}}{\Delta t}$$



Vectorul viteză medie are direcția și sensul vectorului deplasare.

Definiție: **Viteza momentană** (sau **instantanee**) reprezintă derivata vectorului de poziție în raport cu timpul:

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

Vectorul viteză momentană are direcția tangentei la traiectorie și sensul mișcării mobilului.

Unitatea de măsură pentru viteză:

$$[v]_{SI} = \left[\frac{\Delta r}{\Delta t} \right]_{SI} = \frac{m}{s}$$

