

FALUVÉGY ERVIN ZOLTÁN

**MEMORATOR  
DE FIZICĂ**  
pentru clasele IX-XII

*Ediția a III-a*

**Editura Paralela 45**

# CUPRINS

---

<b>MECANICĂ</b> .....	5
1. Cinematica .....	5
2. Dinamica.....	7
Principiile mecanicii newtoniene .....	7
Tipuri de forțe.....	7
Legile frecării la alunecare.....	8
Legea atracției universale .....	9
Ciocniri.....	13
3. Statica .....	13
Condiții de echilibru .....	13
Clasificarea stării de echilibru.....	14
Oscilații și unde mecanice .....	14
Legi ale reflexiei.....	17
Legi ale refracției.....	17
<b>FENOMENE TERMICE</b> .....	19
Termodinamica .....	19
Principiile termodinamicii .....	21
<b>FENOMENE ELECTRICE ȘI MAGNETICE</b> .....	26
Electrostatica .....	26
Electrocinetica .....	28
Legile lui Kirchhoff.....	29
Electromagnetismul .....	31
Curentul alternativ sinusoidal .....	33
<b>OPTICĂ</b> .....	38
Optica geometrică.....	38
Legile reflexiei.....	38
Legile refracției.....	38
Caracteristici optice ale instrumentelor optice .....	42
Optica ondulatorie .....	43

<b>TEORIA RELATIVITĂȚII RESTRÂNSE .....</b>	<b>46</b>
Postulatele lui Einstein.....	46
<b>ELEMENTE DE FIZICĂ CUANTICĂ .....</b>	<b>48</b>
Legile efectului fotoelectric extern .....	48
<b>FIZICA ATOMULUI .....</b>	<b>51</b>
Postulatele lui Bohr.....	52
<b>FIZICĂ NUCLEARĂ .....</b>	<b>56</b>
Legi de conservare.....	58

# MECANICĂ



## 1. CINEMATICA

**Reperul** (corp de referință) este un corp la care se raportează starea de mișcare a altor corpuri.

Un corp se află în **stare de mișcare** față de un reper, dacă își modifică poziția față de acel reper.

Un corp se află în **stare de repaus** față de un reper, dacă nu-și modifică poziția față de reperul respectiv.

Un corp poate fi considerat un **punct material** (de masă  $m$ ) dacă dimensiunile lui sunt mult mai mici decât distanțele parcurse de corp, iar corpul efectuează doar mișcare de translație.

Linia descrisă de punctul material în timpul mișcării este **traectoria**.

**Vectorul de poziție** este caracterizat prin:

- modul, care este distanța dintre reper și punctul material;
- direcție, care este dată de dreapta care trece prin reper și punctul material;
- sens, care arată spre punctul material;
- punct de aplicație, care este reperul.

**Vectorul de deplasare** este variația vectorului de poziție:

$$\vec{d} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1.$$

Deplasarea la o mișcare rectilinie este variația coordonatei.

**Viteza** (medie) este variația vectorului de poziție în unitatea de timp:

$$v = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}, \quad [\vec{v}]_{SI} = 1 \frac{m}{s}$$

Pentru o mișcare rectilinie:  $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$

**Accelerația** (medie) este variația vitezei în unitatea de timp:

$$\bar{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}, \quad [a]_{SI} = 1 \frac{m}{s^2}$$

### **Mișcarea rectilinie uniformă**

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

Legea mișcării:  $x = x_0 + v(t - t_0)$

### **Mișcarea rectilinie uniform variată**

$$\bar{a} = \text{const.} \quad \text{și} \quad \bar{a} \parallel \vec{v}$$

Legea mișcării:  $x = x_0 + v_0(t - t_0) + \frac{a}{2}(t - t_0)^2$

Legea vitezei:  $v = v_0 + a(t - t_0)$

Ecuția lui Galilei:  $v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0)$

### **Mișcarea circulară uniformă**

Punctul material descrie în intervale de timp egale arce de cerc egale.

**Raza vectoroare** este vectorul de poziție al punctului material față de centrul cercului.

**Perioada** este intervalul de timp necesar punctului material pentru a descrie un cerc complet:

$$T = \frac{t}{N}$$

**Frecvența** este numărul de cercuri descrise în unitatea de timp:

$$v = \frac{N}{t}, \quad vT = 1, \quad [v]_{SI} = 1 \frac{1}{s} = 1 \text{Hz}$$

Viteza unghiulară este unghiul la centru descris de raza vectoroare în unitatea de timp:

$$\omega = \frac{\Delta \theta}{\Delta t}, \quad [\omega]_{SI} = 1 \frac{\text{rad}}{s}$$

Legea mișcării:  $\theta = \theta_0 + \omega(t - t_0)$ , unde  $\theta$  este unghiul la centru.

Din  $v = \omega R$  rezultă  $s = s_0 + v(t - t_0)$ , unde  $s$  este arcul de cerc.

## CIOCNIRI

### 1. Ciocnirea plastică

Viteza corpurilor după ciocnire:  $v' = \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2}$

Căldura eliberată:  $Q = \frac{1}{2} \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} (v_1 - v_2)^2$

### 2. Ciocnirea elastică

Viteza corpurilor după ciocnire:

$$v'_1 = 2 \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} - v_1, \quad v'_2 = 2 \frac{m_1 v_1 + m_2 v_2}{m_1 + m_2} - v_2$$



### 3. STATICA

**Momentul forței** este produsul vectorial dintre vectorul de poziție al punctului de aplicație al forței și vectorul forței:

$$\vec{M}_o(\vec{F}) = \vec{r} \times \vec{F}$$

$$M = rF \sin \alpha, \quad [M]_{SI} = 1Nm$$

## CONDIȚII DE ECHILIBRU

**Mișcarea de translație:** Un corp se află în echilibru de translație dacă rezultanta forțelor care acționează asupra lui este zero.

$$\sum_{i=1}^n \vec{F}_i = 0$$

**Mișcarea de rotație:** Un corp se află în echilibru de rotație față de o axă dacă rezultanta momentelor forțelor care acționează asupra lui față de aceeași axă este zero.

$$\sum_{i=1}^n \vec{M}_o(\vec{F}_i) = 0$$

## CLASIFICAREA STĂRII DE ECHILIBRU

– **echilibru stabil** (rezultanta forțelor care acționează asupra corpului, care părăsește starea de echilibru, îl readuce pe acesta în starea inițială de echilibru)  $E_p$  – min

– **echilibru instabil** (rezultanta forțelor care acționează asupra corpului, care părăsește starea de echilibru, îl îndepărtează pe acesta de starea inițială de echilibru)  $E_p$  – max

– **echilibru indiferent** (după îndepărtarea corpului de poziția de echilibru, acesta rămâne în echilibru)  $E_p$  – const.

## OSCILAȚII ȘI UNDE MECANICE

**Mișcarea oscilatorie armonică liniară** este mișcarea periodică și simetrică față de poziția de echilibru.

**Perioada** este intervalul de timp necesar punctului material pentru a descrie o oscilație completă:

$$T = \frac{t}{N}$$

**Frecvența** este numărul de oscilații descrise în unitatea de timp:

$$\nu = \frac{N}{t}, \quad \nu T = 1, \quad [\nu]_{SI} = 1 \frac{1}{s} = 1 \text{ Hz}$$

**Elongația** ( $x, y$ ) este distanța dintre punctul material și poziția de echilibru al acestuia.

**Amplitudinea** ( $A$ ) este elongația maximă.

Mișcarea oscilatorie este **armonică** dacă este efectuată sub acțiunea unei forțe de tipul  $F = -ky$ .

**Legea mișcării:**

$$y = A \sin(\omega t + \phi_0)$$

unde  $\omega$  este pulsația,  $\phi_0$  este faza inițială și  $\omega t + \phi_0$  este faza mișcării.

**Legea vitezei:**  $v = \omega A \cos(\omega t + \phi_0)$ ,

**Legea accelerației:**  $a = -\omega^2 A \sin(\omega t + \phi_0)$

Viteza maximă este  $v_{\max} = \omega A$ , iar accelerația maximă  $a_{\max} = \omega^2 A$

Perioada mișcării:  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

Energia oscilatorului:

$$E = E_c + E_p, \quad E = \frac{mv^2}{2} + \frac{ky^2}{2} = \frac{kA^2}{2}$$

Energia mecanică a oscilatorului armonic se conservă.

**Pendulul gravitațional**

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Transferul energiei de la excitator la sistemul excitat, care se face pentru orice perioadă a excitatorului, este maxim pentru perioade aflate în vecinătatea perioadei proprii a sistemului excitat. Acest proces selectiv de transfer de energie între două sisteme fizice se numește **rezonanță**.

**Compunerea oscilațiilor paralele având aceeași pulsație**

Dacă un punct material este supus simultan la două oscilații paralele cu aceeași pulsație având ecuațiile mișcării de forma:

$$y_1 = A_1 \sin(\omega t + \phi_{01}) \quad \text{și} \quad y_2 = A_2 \sin(\omega t + \phi_{02}),$$

oscilația rezultantă se va efectua după legea

$$y = A \sin(\omega t + \phi_0),$$

unde:  $A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\phi_{02} - \phi_{01})$  și

$$\operatorname{tg}\phi_0 = \frac{A_1 \sin\phi_{01} + A_2 \sin\phi_{02}}{A_1 \cos\phi_{01} + A_2 \cos\phi_{02}}.$$

Propagarea unei perturbații într-un mediu se numește **undă mecanică**.

Distanța parcursă de undă într-o perioadă a oscilației se numește **lungime de undă** ( $\lambda$ ).

**Suprafața de undă** este mulțimea punctelor mediului care oscilează în fază.

**Frontul de undă** este cea mai avansată suprafață de undă.

Pentru unda **transversală**, elongația și direcția de propagare sunt perpendiculare.

Viteza de propagare a undelor transversale este:

$$v_t = \sqrt{\frac{T}{\mu}},$$

unde  $\mu$  este masa unității de lungime a corzii,  $\mu = \frac{m}{l}$ .

Pentru unda longitudinală, elongația este paralelă cu direcția de propagare.

Viteza de propagare a undelor longitudinale este:

$$v_l = \sqrt{\frac{E}{\rho}},$$

unde  $E$  este modulul lui Young al mediului în care se propagă unda, iar  $\rho$  este densitatea mediului dat.

**Principiul lui Huygens:** Orice punct al frontului de undă se comportă ca și o sursă de undă elementară, și noul front de undă este suprafața tangentă la un moment dat a acestor fronturi elementare.

**Ecuția undei plane:**

$$y = A \sin 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda} \right)$$

**Reflexia undelor** este fenomenul în urma căruia unda care ajunge la suprafața de separare dintre două medii omogene se întoarce în mediul din care provine.

## ELEMENTE DE FIZICĂ CUANTICĂ

**Efectul fotoelectric extern** este emisia electronilor de către un corp aflat sub acțiunea radiațiilor electromagnetice.

### LEGILE EFECTULUI FOTOELECTRIC EXTERN

**Prima lege:** Intensitatea curentului fotoelectric de saturație este direct proporțională cu fluxul radiațiilor electromagnetice incidente, pentru o valoare constantă a frecvenței radiațiilor.

**Legea a doua:** Energia cinetică a fotoelectronilor emiși crește liniar cu frecvența radiațiilor electromagnetice incidente și este independentă de fluxul acestora.

**Legea a treia:** Efectul fotoelectric extern se poate produce numai atunci când frecvența radiațiilor incidente este mai mare sau cel puțin egală cu o valoare minimă, numită **frecvență de prag**, specifică fiecărei substanțe.

**Legea a patra:** Efectul fotoelectric extern se produce practic instantaneu.

**Cuante de energie.** Energia unui oscilator microscopic poate avea numai valori discrete și poate crește numai prin absorbție, sau poate să scadă numai prin emisie între două valori  $E_m$  și  $E_n$  numai cu valoarea

$$\varepsilon = h\nu = E_m - E_n,$$

unde  $h$  este constanta lui Planck, cu valoarea  $h = 6,625 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$ .

Radiațiile electromagnetice emise sau absorbite au o structură discontinuă, fiind formate din cuante de energie. Particula care posedă energia unei cuante se numește **foton**.

Mărimi fizice caracteristice fotonului:

- energia:  $\varepsilon = h\nu$ ;
- masa de repaus:  $m_0 = 0$ ;

- masa dinamică:  $m = \frac{h\nu}{c^2}$  ;
- viteza:  $v = c$ ;
- impulsul:  $p = \frac{h}{\lambda}$  ;
- sarcina electrică:  $q = 0$ .

Einstein consideră că radiația electromagnetică incidentă este formată din fotoni, care se ciocnesc plastic cu electronii atomului. Din conservarea energiei rezultă frecvența de prag:  $\nu_0 = \frac{L}{h}$ .

**Efectul Compton** este de fapt o ciocnire elastică între fotonul incident și electronul substanței.

În urma fenomenului pe lângă radiațiile cu lungimea de undă egală cu a radiațiilor incidente, mai există și o altă radiație cu o lungime de undă mai mare:

$$\Delta\lambda = 2\Lambda \sin^2 \frac{\theta}{2},$$

unde  $\Delta\lambda$  este variația lungimii de undă,  $\Lambda = \frac{h}{m_0c}$  este lungime

de undă Compton, care, în cazul împrăștierei fotonilor pe electroni, are valoarea  $\Lambda = 2,426 \text{ pm}$ , iar  $\theta$  este unghiul de împrăștiere.

Electronul de recul are energia cinetică:

$$E_c = \frac{hc}{\lambda_0} \frac{2\Lambda \sin^2 \frac{\theta}{2}}{\lambda_0 + 2\Lambda \sin^2 \frac{\theta}{2}}$$

**Ipoteza de Broglie** presupune că fiecărei microparticule  $i$  se poate atașa o undă, cu lungimea de undă:

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

Difracția electronilor pe cristale (experimentul Davisson–Germer) confirmă această ipoteză.

**Relația de nedeterminare a lui Heisenberg** exprimă faptul că impulsul și poziția microparticulei nu se poate determina simultan cu o precizie oricât de mare. Dacă  $\Delta p_x$  este imprecizia determinării impulsului pe direcția  $x$ , iar  $\Delta x$  este imprecizia determinării coordonatei microparticulei pe direcția  $x$ , atunci:

$$\Delta p_x \cdot \Delta x \geq \hbar = \frac{h}{2\pi}.$$

## FIZICĂ NUCLEARĂ

### Proprietăți generale:

- sarcina nucleului atomic este pozitivă și are valoarea

$$q_{\text{nucleu}} = Ze$$

- dimensiunea nucleelor se poate determina cu relația empirică

$$R = R_0 A^{\frac{1}{3}}, \text{ unde } R_0 = 1,45 \cdot 10^{-15} \text{ m și } A \text{ este numărul de masă.}$$

- masa nucleului se poate determina cu spectroscopul de masă.

Masa se exprimă în unități atomice de bază,  $u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

Nucleul atomic este format din  $Z$  protoni și  $A - Z$  neutroni, în total  $A$  nucleoni. Simbolul unui nucleu este  ${}_Z^A X$ , unde  $X$  este simbolul chimic al elementului chimic.

**Energia de legătură** a nucleului este lucrul mecanic necesar pentru a desface nucleul aflat în repaus și izolat în nucleoni în repaus și izolați, și se poate determina cu relația:

$$W_{\text{leg}} = (Zm_p + (A - Z)m_n - m_N)c^2,$$

unde  $m_p$  este masa protonului,  $m_n$  este masa neutronului și  $m_N$  este masa nucleului. Energia exprimată cu ajutorul maselor atomice este:

$$W_{\text{leg}} = (Zm_H + (A - Z)m_n - m_A)c^2$$

Energia de legătură a particulei  $a$  în nucleul  $N$  se poate determina cu relația ( $N \rightarrow a + X$ ):

$$W_{\text{leg}}^a = (m_a + m_X - m_N)c^2$$

Energia de legătură pe nucleon reprezintă raportul dintre energia de legătură a nucleului și numărul de nucleoni:

$$B = \frac{W_{\text{leg}}}{A}$$

Are valoare maximă pentru nucleele cu valori intermediare ale numărului de masă.

Nucleele grele își pot mări energia de legătură pe nucleon prin ruperea nucleului în fragmente, acest fenomen poartă denumirea de *fisiune nucleară*. Dacă un fragment este particula  $\alpha \equiv {}^4_2\text{He}$ , atunci fenomenul este numit *dezintegrarea  $\alpha$* .

Nucleele ușoare pot obține o stabilitate mai mare prin unirea acestor nuclee, ajungând la un număr de masă mai mare. Acest fenomen poartă denumirea de *fuziune nucleară*.

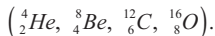
### **Proprietățile forțelor nucleare:**

1. intensitate foarte mare ( $F_{nuc} \gg F_{el}$ )
2. rază de acțiune foarte mică ( $r \approx 10^{-15} \text{ m}$ )
3. caracter de saturație
4. acționează între particule indiferent de sarcinile electrice ale particulelor.

### **Modele nucleare:**

*Modelul „picătură de lichid”* are la bază analogia dintre caracterul de saturație al forțelor intermoleculare în lichide și caracterul de saturație al forțelor nucleare. Modelul explică fisiunea nucleară, fuziunea nucleară, dimensiunea nucleului etc.

*Modelul păturilor nucleare* presupune că nucleonii au stări energetice permise pe nivele energetice analog electronilor din atom. Modelul explică cu succes stabilitatea sporită pentru nucleele ușoare formate din  $2k$  protoni și  $2k$  neutroni:



Nu există un model nuclear care să explice toate fenomenele legate de nucleu.

**Reacția nucleară** este un proces prin care două particule sau sisteme de particule interacționează prin forțe nucleare și se obțin două sau mai multe particule sau sisteme de particule. Scrierea simbolică a reacțiilor nucleare se face:

