



Olimpiada de Fizică - Etapa națională
1 – 6 aprilie 2012
Ilfov

Baraj

MECANICĂ

A. Alunecări...

Un corp punctiform de masă m se află în repaus în vârful unei emisfere de masă M , (vezi figura 1). Printr-un mic impuls, corpul începe să alunece, fără frecare, pe emisferă. La un unghi θ , măsurat față de verticala care trece prin centrul emisferei, corpul se desprinde de emisferă. Consideră că emisfera se poate deplasa orizontal fără frecare și că se află inițial în repaus.

- Scrive ecuația care permite calcularea unghiului θ .
- Calculează unghiul θ dacă $M = m$.
- Particularizează rezultatul pentru cazul în care emisfera este fixă.

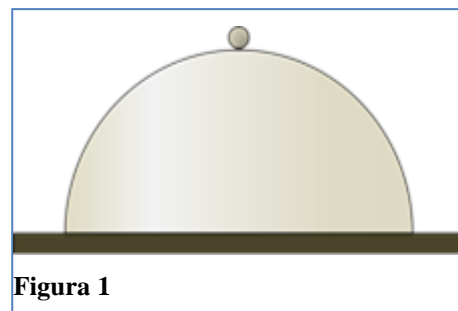


Figura 1

B. Mingi mari, mingi mici...

a) O minge de baschet, cu raza R și masa M , se află în repaus la înălțimea h față de sol. Pe ea stă o minge mică de tenis de masă, cu masa m . Se lasă liber cele două mingi. La ce înălțime maximă urcă mingea mică după ciocniri? Consideră ciocnirile perfect elastice și că $m \ll M$.

b) Consideră acum n mingi M_1, M_2, \dots, M_n , având masele m_1, m_2, \dots, m_n (cu $m_1 \gg m_2 \gg \dots \gg m_n$) așezate ca în figura 2. Mingile sunt lăsate liber. Determină, în funcție de n , înălțimea maximă atinsă de mingea n .

c) Dacă $h = 1$ m, care este numărul minim de mingi astfel încât mingea superioară să ajungă la cel puțin 1 km?

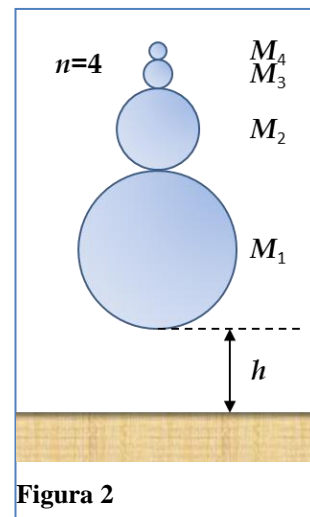


Figura 2

Problemă propusă de prof. dr. Constantin COREGA, CNER, Cluj-Napoca



Olimpiada de Fizică - Etapa națională
1 – 6 aprilie 2012
Ilfov

Baraj

Barem

Subiect		Parțial	Punctaj
Barem Mecanică A			5,00p
a)	Fie v_x și v_y componentele (orizontală, respectiv verticală) vitezei corpului și V_x viteza emisferei.	0,25	4,00
	Din conservarea impulsului (pe axa orizontală): $mv_x = MV_x$	0,25	
	Considerăm momentul la care particula se află la unghiul θ .	0,25	
	Din SR legat de emisferă se observă imediat $\frac{v_y}{v_x + V_x} = \tan \theta$	0,25	
	$\Rightarrow v_y = \left(1 + \frac{m}{M}\right) v_x \tan \theta$ (condiția ca particula să rămână în contact cu emisfera).	0,25	
	Din conservarea energiei: $\frac{1}{2} m(v_x^2 + v_y^2) + \frac{1}{2} MV_x^2 = mgr(1 - \cos \theta)$.	0,50	
	Eliminând v_y se obține: $v_x^2 = \frac{2gR(1 - \cos \theta)}{(1 + r)(1 + (1 + r) \tan^2 \theta)}$ unde $r \equiv \frac{m}{M}$.	0,50	
	Componenta v_x poate doar să crească (componenta orizontală a reacțiunii normale accelerează particula!)	0,50	
	Aceasta va fi maximă atunci când are loc desprinderea corpurilor.	0,25	
	Ca urmare, trebuie găsit unghiul θ la care v_x atinge valoarea maximă. $\frac{d}{d\theta} v_x^2 = (1 + (1 + r) \tan^2 \theta) \sin \theta - (1 - \cos \theta)(1 + r) \frac{2 \tan \theta}{\cos^2 \theta} = 0$	0,50	
	$r \cos^3 \theta - 3(1 + r) \cos \theta + 2(1 + r) = 0$.	0,50	
b)	Pentru cazul particular $r = 1$ ecuația se poate scrie: $(\cos \theta - 2)(\cos^2 \theta + 2 \cos \theta - 2) = 0$	0,25	0,75
	Soluția $\cos \theta = 2$ nu are sens!	0,25	
	Singura soluție care are sens este $\cos \theta = \sqrt{3} - 1 \approx 0,732 \Rightarrow \theta \approx 42,9^\circ$.	0,25	
c)	Dacă emisfera este fixă ($r = 0$) $\cos \theta = 2/3$.	0,25p	0,25
Barem Mecanică B			4,00p
a)	Chiar înainte ca mingea de baschet să atingă solul, ambele mingi au viteza $v = \sqrt{2gh}$.	0,25p	1,00p
	Imediat după ciocnirea cu solul, mingea de baschet urcă cu viteza v . Ca urmare, viteza relativă a celor două mingi este $2v$.	0,25p	
	Ciocnirea fiind perfect elastică, după ciocnire, viteza relativă are aceeași valoare $2v$ (ciocnirea cu un perete!). Față de sol, viteza mingii de tenis va fi $2v + v = 3v$.	0,25p	
	Din conservarea energiei rezultă că mingea de tenis va urca la înălțimea maximă $H = 2R + \frac{(3v)^2}{2g}$ adică $H = 2R + 9h$.	0,25p	



Olimpiada de Fizică - Etapa națională
1 – 6 aprilie 2012
Ilfov

Baraj

b)	Chiar înainte ca mingea M_1 să atingă solul, toate mingile coboară cu viteza $v = \sqrt{2gh}$.	0,25p	2,25
	Se pot determina prin inducție vitezele mingilor după ciocniri. Dacă mingea M_i are viteza v_i după ciocnirea cu mingea M_{i-1} care este viteza mingii M_{i+1} ?	0,50p	
	Viteza relativă a mingii M_{i+1} față de mingea M_i este $v + v_i$ și are același modul și după ciocnire. Cum viteza mingii M_i rămâne practic v_i , viteza de urcare a mingii M_{i+1} este $2v_i + v$. Deoarece $v_i = v$ se obține: $v_2 = 3v$, $v_3 = 7v$, $v_4 = 15v$, etc.	1,00p	
	Din conservarea energiei, M_n va ajunge la înălțimea $H_n = 2R + \frac{((2^n - 1)v)^2}{2g} = 2R + (2^n - 1)^2 h$	0,50p	
c)	Pentru $h = 1\text{ m}$ și $H = 1000\text{ m}$ $2^n - 1 > \sqrt{1000}$ rezultă $n=6$.	0,75p	0,75
Oficiu			1p
Total			10p



Olimpiada de Fizică - Etapa națională
1 – 6 aprilie 2012
Ilfov

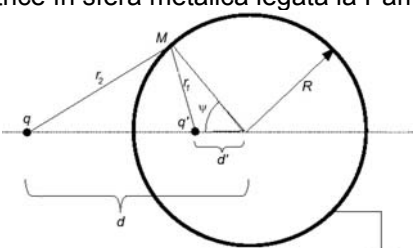


Barem de evaluare și de notare

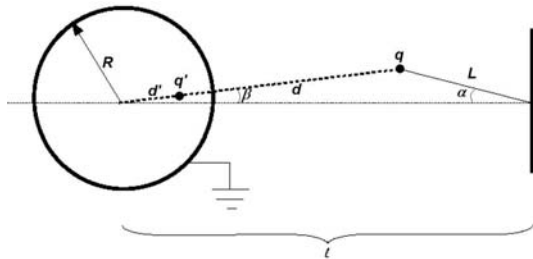
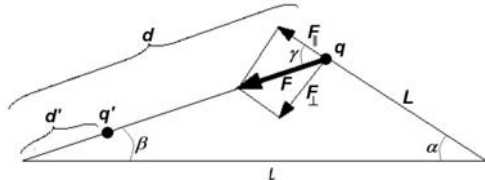
Se punctează în mod corespunzător oricare altă modalitate de rezolvare, care conduce la rezultate corecte

Problema a II-a

A. Oscilații în electrostatică

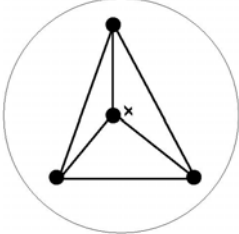
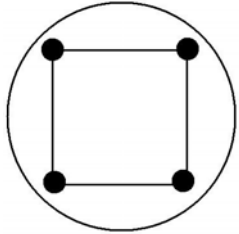
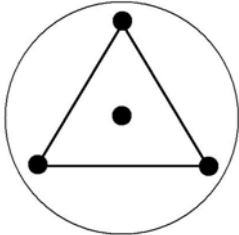
Nr. item	Sarcina de lucru nr.1	Punctaj
1.a.	<p>Pentru:</p> <p>imaginea sarcinii electrice în sfera metalică legată la Pământ</p>  <p>0,40p</p> <p>▪</p> $r_1 = \sqrt{R^2 + d'^2 - 2R \cdot d' \cdot \cos \psi}$ $r_2 = \sqrt{R^2 + d^2 - 2R \cdot d \cdot \cos \psi}$ <p>expresia potențialului unui punct de pe suprafața sferei, situat în planul care</p> <p>▪ conține axul de simetrie pentru problemă $V = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \left(\frac{q}{r_2} + \frac{q'}{r_1} \right)$ 0,30p</p> <p>▪ condiția de legare a sferei la pământ $V = 0$ 0,20p</p> <p>▪ $\frac{q}{r_2} + \frac{q'}{r_1} = 0$ 0,20p</p> <p>▪ $\frac{q}{\sqrt{R^2 + d'^2 - 2R \cdot d' \cdot \cos \psi}} + \frac{q'}{\sqrt{R^2 + d^2 - 2R \cdot d \cdot \cos \psi}} = 0$, 0,30p</p> <p>punctele care se află atât pe suprafața sferei cât și pe axul de simetrie al sistemului ($\psi = \pi$ și respectiv $\psi = 0$)</p> <p>▪ $\begin{cases} R^2 + d^2 - 2R \cdot d = \left(\frac{q}{q'} \right)^2 \cdot (R^2 + d'^2 - 2R \cdot d') \\ R^2 + d^2 + 2R \cdot d = \left(\frac{q}{q'} \right)^2 \cdot (R^2 + d'^2 + 2R \cdot d') \end{cases}$ 0,20p</p>	3,00p

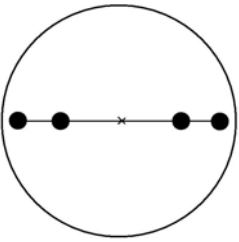
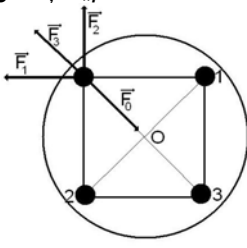
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ $0 < d' < R$ și $d > R > 0$ $\begin{cases} -R + d = \left(-\frac{q}{q'}\right) \cdot (R - d') \\ (R + d) = \left(-\frac{q}{q'}\right) \cdot (R + d') \end{cases}$ 0,20p ▪ $d' = \frac{R^2}{d}$ 0,10p ▪ $q' = -q \frac{R}{d}$ 0,20p <p>demonstrarea faptului că valorile q', d' determină potențialul pentru <i>oricare</i> dintre punctele suprafeței sferice</p> <div data-bbox="475 645 1023 929" data-label="Image"> </div> <ul style="list-style-type: none"> ▪ $r_1 = \sqrt{(R \cdot \sin \psi \cdot \cos \phi + d')^2 + (R \cdot \sin \psi \cdot \sin \phi)^2 + (R \cdot \cos \psi)^2}$ $r_2 = \sqrt{(R \cdot \sin \psi \cdot \cos \phi + d)^2 + (R \cdot \sin \psi \cdot \sin \phi)^2 + (R \cdot \cos \psi)^2}$ ▪ $\begin{cases} r_1 = \sqrt{R^2 + d'^2 + 2 \cdot R \cdot d' \cdot \sin \psi \cdot \cos \phi} \\ r_2 = \sqrt{R^2 + d^2 + 2 \cdot R \cdot d \cdot \sin \psi \cdot \cos \phi} \end{cases}$ 0,20p ▪ $r_1 = \frac{R}{d} \cdot r_2$ 0,10p ▪ expresia potențialului punctului M $\begin{cases} V_M = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \left(\frac{q}{r_2} + \frac{q'}{r_1} \right) \\ V_M = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \left(\frac{q}{r_2} + \frac{q'}{(R/d) \cdot r_2} \right) \end{cases}$ 0,20p ▪ $V_M = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \left(\frac{q}{r_2} - \frac{(R/d) \cdot q}{(R/d) \cdot r_2} \right) = 0$ 0,10p <p>valorile q', d' asigură potențialul nul tuturor punctelor de pe suprafața sferei</p>	
1.b.	Pentru: <ul style="list-style-type: none"> expresia forței de interacțiune dintre sarcina inductoare și sarcina imagine <ul style="list-style-type: none"> ▪ $F = \frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{q \cdot q'}{(d - d')^2}$ 0,30p ▪ $F = -\frac{1}{4\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{q^2 \cdot R \cdot d}{(d^2 - R^2)^2}$ 0,10p 	0,70p

	<p>expresia <i>modulului</i> forței de interacțiune dintre sarcină și sfera metalică</p> <p>▪ $F = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q^2 \cdot R \cdot d}{(d^2 - R^2)^2}$</p>	0,30p
Nr. item	Sarcina de lucru nr.2	Punctaj
2.a.	<p>Pentru:</p>  <p>▪ $\begin{cases} F = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q \cdot q'}{(d - d')^2} \\ F = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q^2 \cdot R \cdot d}{(d^2 - R^2)^2} \end{cases}$</p> <p>▪ $d = \sqrt{\ell^2 + L^2 - 2 \cdot \ell \cdot L \cdot \cos \alpha}$</p> <p>▪ $F = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q^2 \cdot R \cdot \sqrt{\ell^2 + L^2 - 2 \cdot \ell \cdot L \cdot \cos \alpha}}{(\ell^2 + L^2 - 2 \cdot \ell \cdot L \cdot \cos \alpha - R^2)^2}$</p>  <p>▪ $\begin{cases} \frac{L}{\sin \beta} = \frac{\ell}{\sin(\pi - \gamma)} = \frac{d}{\sin \alpha} \\ \frac{L}{\sin \beta} = \frac{\ell}{\sin(\alpha + \beta)} = \frac{d}{\sin \alpha} \end{cases}$</p> <p>▪ $\beta = \arcsin\left(\frac{L}{d} \cdot \sin \alpha\right) = \arcsin\left(\frac{L}{\sqrt{\ell^2 + L^2 - 2 \cdot \ell \cdot L \cdot \cos \alpha}} \cdot \sin \alpha\right)$</p> <p>▪ mărimea componentei perpendiculare pe fir $F_{\perp} = F \cdot \sin \gamma = F \cdot \sin(\alpha + \beta)$</p> <p>▪ $\sin \gamma = \frac{\ell}{d} \cdot \sin \alpha = \frac{\ell \cdot \sin \alpha}{\sqrt{\ell^2 + L^2 - 2 \cdot \ell \cdot L \cdot \cos \alpha}}$</p> <p>▪ $F_{\perp} = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q^2 \cdot R \cdot \ell \cdot \sin \alpha}{(\ell^2 + L^2 - 2 \cdot \ell \cdot L \cdot \cos \alpha - R^2)^2}$</p>	<p>1,60p</p> <p>0,20p</p> <p>0,10p</p> <p>0,20p</p> <p>0,20p</p> <p>0,10p</p> <p>0,30p</p> <p>0,20p</p> <p>0,30p</p>

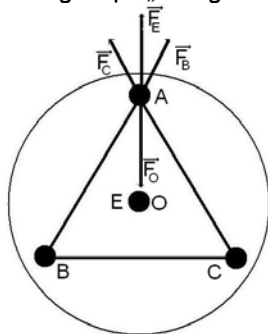
2.b.	<p>Pentru:</p> <p>expresia forței de revenire (componenta perpendiculară pe fir a forței de interacțiune) $F_{\perp} = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q^2 \cdot R \cdot \ell \cdot \alpha}{(\ell^2 + L^2 - 2 \cdot \ell \cdot L - R^2)^2}$, 0,20p</p> <p>în situația în care unghiurile α sunt suficient de mici</p> <p>▪ $\begin{cases} F_{\perp} = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q^2 \cdot R \cdot \ell \cdot \alpha}{((\ell - L)^2 - R^2)^2} \\ F_{\perp} = \wp \cdot \alpha \end{cases}$ 0,20p</p> <p>„constanta de elasticitate” a forței de revenire $\wp = \frac{1}{4\pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{q^2 \cdot R \cdot \ell}{((\ell - L)^2 - R^2)^2}$.</p> <p>▪ $d = \ell - L$ 0,10p</p> <p>▪ expresia momentului de inerție al particulei încărcate cu sarcina q, aflată în mișcare circulară față de punctul fix al firului de care este legată $J = m \cdot L^2$ 0,20p</p> <p>▪ expresia momentului forței de revenire $\aleph = -F_{\perp} \cdot L$ 0,20p</p> <p>▪ ecuația mișcării particulei încărcate pe traiectoria circulară $\aleph = J \cdot \varepsilon$, unde ε este accelerația unghiulară a mișcării 0,20p</p> <p>▪ ecuația oscilației armonice $\begin{cases} \wp \cdot \alpha = -m \cdot L \cdot \varepsilon \\ \varepsilon + \frac{\wp}{m \cdot L} \cdot \alpha = 0 \end{cases}$ 0,20p</p> <p>pulsația oscilației armonice</p> <p>▪ $\omega = \sqrt{\frac{\wp}{m \cdot L}}$ 0,20p</p> <p>▪ $\omega = \frac{R}{(\ell - L)^2 - R^2} \sqrt{\frac{q \cdot \ell}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot m \cdot L}}$ 0,20p</p>	1,70p
-------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------

B. Atomul de beriliu

Nr. item	Sarcina de lucru nr.1	Punctaj
1.a.	<p>Pentru:</p> <p>expresia sarcinii electrice pozitive, cu distribuție sferică din interiorul suprafeței</p> <p>▪ cu raza $r \leq a$ $\begin{cases} Q(r) = \frac{4e}{(4\pi \cdot a^3/3)} \cdot \frac{4\pi \cdot r^3}{3} \\ Q(r) = 4e \frac{r^3}{a^3} \end{cases}$ 0,20p</p> <p>▪ aplicarea teoremei Gauss $E(r) = \begin{cases} \frac{e}{\pi \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{r}{a^3} & r \leq a \\ \frac{e}{\pi \cdot \epsilon_0 \cdot r^2} & r > a \end{cases}$ 0,80p</p>	1,00p
1.b.	<p>Pentru:</p> <p>▪ condiția ca, forța de atracție a unui electron spre centrul sarcinii pozitive să fie compensată de forța de respingere electrostatică a celorlalți trei electroni 0,20p</p> <p>configurația spațială - un tetraedru regulat având în vârfuri sarcini negative, cufundat în interiorul norului sferic de sarcină pozitivă</p> <p>▪  0,20p</p> <p>configurația plană:</p> <p>– un pătrat având în vârfuri sarcini negative, cufundat în interiorul norului sferic de sarcină pozitivă</p> <p></p> <p>▪ – un triunghi echilateral având în centru și în vârfuri sarcini negative, cufundat în interiorul norului sferic de sarcină pozitivă (figura 3). 0,40p</p> <p></p>	1,00p

	<p>configurația liniară - patru sarcini electrice negative dispuse simetric față de centrul sferei, cufundate în interiorul norului sferic de sarcină pozitivă</p> <div style="text-align: center;">  </div>	0,20p
1.c.	<p>Pentru: Varianta I de răspuns - configurația „pătrat”</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>expresiile modulelor forțelor de respingere</p> $F_2 = F_3 = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{2x^2}$ $F_1 = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{4x^2},$ <p>unde x este lungimea distanței de la vârful pătratului la centrul său</p> <p>expresiile modulelor pentru rezultantele forțelor de respingere</p> $F_{23} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2x^2}$ $F_{123} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot x^2} \cdot \left(\frac{1+2\sqrt{2}}{4} \right)$ <p>expresia forței de atracție a norului de sarcină pozitivă $F_0 = \frac{e^2}{\pi\epsilon_0} \cdot \frac{x}{a^3}$</p> <p>condiția de echilibru pentru oricare dintre electroni $F_{123} = F_0$</p> $x = \frac{a}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{1+2\sqrt{2}}{2}}$ <p>expresia lungimii latura pătratului în vârful cărora s-ar afla electronii</p> $\ell_{\text{patrat}} = \frac{a\sqrt{2}}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{1+2\sqrt{2}}{2}}$ <p>mărimea unghiurilor din vârfurile pătratului 90°</p>	1,00p

Varianta a II-a de răspuns - configurația „triunghi echilateral”



expresiile modulele forțelor de respingere

$$F_B = F_C = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{3x^2}$$

$$F_E = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{x^2},$$

unde x este lungimea distanței de la vârful la centrul triunghiului

expresiile modulelor pentru rezultantele forțelor de respingere

$$F_{BC} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\sqrt{3}}{3x^2}$$

$$F_{ABE} = \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot x^2 \cdot \left(\frac{3 + \sqrt{3}}{3} \right)$$

$$\text{expresia forței de atracție a norului de sarcină pozitivă } F_0 = \frac{e^2}{\pi\epsilon_0} \cdot \frac{x}{a^3}$$

$$\text{condiția de echilibru pentru oricare dintre electroni } F_{ABE} = F_0$$

$$x = a \cdot \sqrt[3]{\frac{3 + \sqrt{3}}{12}}$$

expresia lungimii laturii triunghiului echilateral în vârful cărora s-ar afla

$$\text{electronii } \ell_{\text{triunghi}} = a\sqrt{3} \cdot \sqrt[3]{\frac{3 + \sqrt{3}}{12}}$$

mărima unghiurilor din vârfurile triunghiului echilateral 60°

Observație: forțele de respingere din partea celor trei electroni din vârfurile triunghiului – care sunt egale în modul, coplanare și care fac între ele unghiuri egale cu 120° dau o rezultantă nulă indiferent de lungimea laturii triunghiului echilateral

TOTAL Problema a II-a

10p

© Barem de evaluare și de notare propus de:

Conf. univ. dr. Adrian DAFINEI - Facultatea de Fizică – Universitatea București



Olimpiada de Fizică - Etapa națională
1 – 6 aprilie 2012
Ilfov

Baraj

Problema a III-a – SOLUȚIE

- A. Temperatura exterioară este $T_0 = 273 \text{ K}$, suprafața totală a benzii $S = 4,10 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$, iar rezistența sa electrică la temperatura exterioară $R_0 = \rho_0 \frac{L}{lh} = 0,978 \Omega$. Conform enunțului, legea de variație a rezistenței electrice a benzii este:

$$R = R_0(1 + \alpha t) = R_0 \left(1 + \frac{1}{T_0} t \right) = \frac{R_0}{T_0} T. \quad (1)$$

Legea lui Ohm pentru bandă este

$$u = iR, \quad (2)$$

iar bilanțul puterilor, în acord cu legea Stefan - Boltzmann

$$i^2 R = \sigma S (T^4 - T_0^4). \quad (3)$$

- a. Deoarece $T \gg T_0$, din (3) și (1) rezultă

$$T = \left(\frac{R_0}{\sigma S T_0} \right)^{1/3} \cdot i^{2/3}. \quad (4)$$

Introducând (4) și (1) în (2) se obține

$$u = \frac{R_0}{T_0} \left(\frac{R_0}{\sigma S T_0} \right)^{1/3} i^{5/3}. \quad (5)$$

De aici se vede că $\beta = 5/3$, $D = 0$ și $C = \frac{R_0}{T_0} \left(\frac{R_0}{\sigma S T_0} \right)^{1/3} = 0,892 \text{ V/A}^{5/3}$.

- b. Deoarece $T = T_0 + t$, $t \ll T_0$, atunci:

$$R = R_0 \left(1 + \frac{t}{T_0} \right), \quad (6)$$

$$i^2 R = \sigma S T_0^4 \left[\left(\frac{T}{T_0} \right)^4 - 1 \right] = \sigma S T_0^4 \left[\left(1 + \frac{t}{T_0} \right)^4 - 1 \right] \cong 4 \sigma S T_0^3 \cdot t,$$

de unde, folosind (6), se obține



Olimpiada de Fizică - Etapa națională
1 – 6 aprilie 2012
Ilfov

Baraj

$$i = 2T_0 \sqrt{\frac{\sigma ST_0}{R_0}} \cdot \sqrt{t}, \quad (7)$$

iar

$$u = iR = 2T_0 \sqrt{\sigma ST_0 R_0} \left(1 + \frac{t}{T_0}\right) \sqrt{t}. \quad (8)$$

Eliminând temperatura t între (7) și (8), se găsește dependența căutată

$$u = R_0 i + \frac{R_0^2}{4\sigma ST_0^4} i^3. \quad (9)$$

Prin urmare, în acest caz $C = R_0 = 0,978 \Omega$, $D = \frac{R_0^2}{4\sigma ST_0^4} = 0,185 \text{ V/A}^3$, $\beta = 1$, iar $\delta = 3$.

B. În acord cu enunțul, se poate folosi ec. (9), iar echilibrarea punții se face pentru

$$R_x = R = R_0 \left(1 + \frac{R_0}{4\sigma ST_0^4} i^2\right) \quad (10)$$

Aplicând legea a II-a a lui Kirchhoff pentru ochiul inferior al circuitului se obține

$$E = iR_x + iR_1 = i(R_0 + R_1) + \frac{R_0^2}{4\sigma ST_0^4} i^3. \quad (11)$$

Această ecuație se scrie numeric astfel $\underbrace{0,500 - 1,978i}_{f(i)} = \underbrace{0,185i^3}_{g(i)}$. Pornind cu $i_0 = 0 \text{ A}$ în membrul drept, atunci $g(i_0) = 0 \text{ V}$, de unde $f(i_1) = g(i_0)$, adică $i_1 = 0,253 \text{ A}$. Mai departe, $g(i_1) = 3,00 \cdot 10^{-3} \text{ V}$, iar din $f(i_2) = g(i_1)$ rezultă $i_2 = 0,251 \text{ A}$. Pentru următoarea iterație, $g(i_2) = 2,93 \cdot 10^{-3} \text{ V}$, iar din $f(i_3) = g(i_2)$ rezultă $i_3 = 0,251 \text{ A}$. Prin urmare, soluția ecuației (11), cu 3 cifre semnificative, este $i = 0,251 \text{ A}$. În aceste condiții, în acord cu (10), $R_x = 0,990 \Omega$. În fine, introducând această valoare în (1), temperatura benzii este $T = 276 \text{ K}$, sau $t = 3^\circ \text{C}$.

C. Din (1) reiese că



Olimpiada de Fizică - Etapa națională
1 – 6 aprilie 2012
Ilfov

Baraj

$$T = T_0 \frac{R_x}{R_0} = 290 \text{ K } (17^\circ \text{C}), \quad (12)$$

iar din legea a doua a lui Kirchhoff

$$i = \frac{E}{R_x + R_l} = 0,245 \text{ A}. \quad (13)$$

În starea staționară, bilanțul puterilor se scrie

$$P_{solar} + i^2 R_x + \sigma S T_0^4 = \sigma S T^4, \quad (14)$$

de unde $P_{solar} = 0,291 \text{ W}$, sau $I = 0,291 \text{ Wm}^{-2}$.

- D. Deoarece R_x nu se modifică, înseamnă că puntea se echilibrează când temperatura benzii de Pt rămâne nemodificată și egală cu $T = T_0 \frac{R_x}{R_0} = 307 \text{ K } (34^\circ \text{C})$. Din (14) rezultă că

$$\Delta P_{solar} = -\Delta(i^2 R_x) = -\frac{R_x}{(R_x + R_l)^2} \cdot 2E\Delta E. \quad (15)$$

Tot din (14) se găsește

$$i = \sqrt{\frac{\sigma S(T^4 - T_0^4) - P_{solar}}{R_x}} = 0,663 \text{ A}, \quad (16)$$

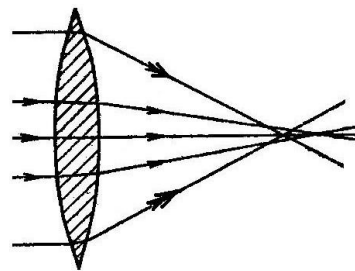
de unde

$$E' = i(R_x + R_l) = 1,39 \text{ V}. \quad (17)$$

**PROBA DE BARAJ,
SELECTIA LOTULUI OLIMPIC LARGIT AL ROMÂNIEI, APRILIE 2012**

PROBLEMA DE OPTICĂ (Dioptri și lentile fără aberație de sfericitate)

Să considerăm un fascicul luminos cu simetrie cilindrică (axială), format din raze monocromatice paralele, perfect omogen în planul secțiunii transversale prin fascicul. Se știe că dacă în drumul fasciculului, în direcție perpendiculară pe el, intercalăm o lentilă convergentă cu suprafețe sferice, razele fasciculului se strâng într-un punct de pe axul optic principal, numit *focar principal*. Această afirmație este însă adevărată numai dacă fasciculul luminos este destul de subțire (conține doar câteva raze vecine axului optic principal, cu care ele sunt paralele). Altfel spus, pentru ca focarul să fie un punct unic este necesar ca lărgimea fasciculului incident să fie foarte mică în comparație cu razele de curbură ale fețelor (dioptrilor) lentilei. Pentru fascicule largi, razele marginale nu intersectează axul optic principal în focarul razelor paraxiale, ci înaintea sa (vezi figura alăturată). Se spune că lentila posedă *aberație de sfericitate*. O sarcină importantă a celor ce produc componente optice este și aceea de a proiecta și de a realiza astfel de lentile lipsite de aberații de sfericitate.



a). Ce formă trebuie să aibă suprafața unui dioptru, cu simetrie axială (de rotație), ce delimitează două medii omogene cu indicii de refracție 1 și n , pentru ca un fascicul luminos, paralel, ce vine din vid, de la $-\infty$, în lungul axei, și pătrunde în mediul cu indicele de refracție $n > 1$, să se strângă *într-un singur punct (focar principal al dioptrului)* după refracția în punctele respectivei suprafețe? Discuție.

b). Cum ar trebui aleasă forma celeilalte suprafețe ce delimitează o lentilă pentru ca ea să nu aibă *aberație de sfericitate* și, astfel, toate razele unui fascicul paralel larg, incident pe lentilă, ca cel din figură, să convergă spre același *unic focar principal* al lentilei?

c). Caracterizați cele *două feluri* (cu $n > 1$) de astfel de lentile lipsite de aberație de sfericitate, aflate în vid, pentru fascicule incidente paralele cu axul optic principal.

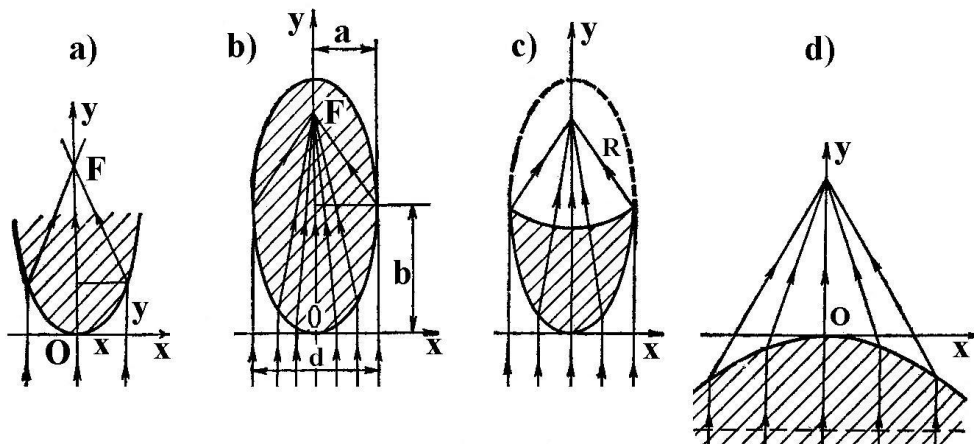
Subiect propus de:

Prof.univ.dr. Uliu Florea și Prof. univ. dr. Constantinescu Radu Dan,
Departamentul de Fizică al Universității din Craiova
Prof. dr. Mihail Sandu – G.S.E.A.S. Călimănești

PROBA DE BARAJ,
SELECTIA LOTULUI OLIMPIC LARGIT AL ROMÂNIEI, APRILIE 2012
PROBLEMA DE OPTICĂ (Dioptri și lentile fără aberație de sfericitate)
Rezolvare și Barem de evaluare și notare

Soluția se bazează pe utilizarea *principiului lui Fermat*, sau *al staționarității drumului optic* pentru toate razele de lumină.1 punct

a). Rezolvăm mai întâi **problema ajutătoare** a dioptrului cu simetrie axială. Este limpede că va fi vorba despre o **suprafață cu simetrie de rotație** față de axa fasciculului luminos incident (simetrie axială). De aceea este suficient să raționăm într-o secțiune principală (planul secțiunii trece prin axa fasciculului).....0,25 puncte



Referindu-ne la **figura a)**, **ce valorează 0,2 puncte**, observăm că faza tuturor punctelor de la nivelul frontului de undă $y=0$ este aceeași (punctele din acest plan oscilează în fază). Conform principiului invocat, faza tuturor undelor ce sosesc în punctul F de pe axa de simetrie Oy trebuie să fie, de asemenea, aceeași, indiferent unde s-a produs refracția pe suprafața dioptrului.

Considerând raza centrală, cu $x=0$ (ce se propagă de-a lungul axei Oy), și o rază oarecare cu $x \neq 0$, putem scrie condiția de staționaritate a drumului optic sub forma $f \cdot n = 1 \cdot y + n \cdot \sqrt{x^2 + (f-y)^2}$, cu notația $OF = f$ 2 puncte

De aici, după câteva prelucrări matematice, putem obține ușor ecuația $\frac{x^2}{a^2} + \frac{(y-b)^2}{b^2} = 1$, (*), unde $a \equiv f \sqrt{(n-1)/(n+1)}$ și $b \equiv nf/(n+1)$, cu $a < b$. Ecuația astfel obținută este cea a unei **elipse** cu semiaxele a (semiaxa mică) și b (semiaxa mare)- (**figura b)**.....2 puncte (**figura b)** **valorează 0,2 puncte**)

Distanța dintre cele două focare (în sens strict geometric) ale elipsei este $2c$, în care $c = \sqrt{b^2 - a^2} = f/(n+1) = b/n$. Invers, distanța focală (în sens optic, cu semnificația evidentă în desen, precizată la început, adică $f = OF$) este $f = (n+1)c = b + c$. Această relație ne spune că fasciculul luminos se strânge dincolo de centrul elipsei, adică în focarul mai îndepărtat de punctul O.0,5 puncte

Ca lărgime, fasciculul incident nu poate depăși valoarea $d \equiv 2a = 2f \sqrt{(n-1)/(n+1)}$ 0,5 puncte

b). Pentru a construi o lentilă fără aberații de sfericitate, **a doua suprafață** trebuie să fie cea a unei **sfere** cu centrul în punctul F și cu raza R satisfăcând inegalitatea $b < R < f$. În punctele de pe această suprafață razele de lumină cu sensul spre focarul F nu se frâng. Altfel spus, mediul cu indicele de refracție $n > 1$ este limitat în față de suprafața elipsoidală iar în spate de cea sferică (v. **figura c**). În exteriorul lentilei este aer ($n_{\text{aer}} = 1$).**1,5 puncte (numai pentru figura c) se acordă 0,2 puncte).**

c). Până aici am considerat, în mod tacit, că $n > 1$. Dacă prin n înțelegem (ca și până acum) indicele de refracție relativ, atunci am putea avea în vedere și situația $n < 1$, ceea ce înseamnă că razele fasciculului paralel incident vin din mediul mai refringent (cel de jos, hașurat în **figura d**), deplasându-se spre mediul mai puțin refringent (cel de sus). De data aceasta refracțiile s-ar produce cu îndepărtare de normalele din punctele de incidență. Considerentele anterioare, care au condus la ecuația (*), rămân valabile însă, când $n < 1$, așa cum se vede din expresia lui a , avem $a^2 < 0$. Scriind $a^2 = -|a|^2 < 0$, relația

(*) devine $\frac{(y-b)^2}{b^2} - \frac{x^2}{|a|^2} = 1$, (**). Este ecuația unei **hiperbole**.**1,5 puncte (din care, numai**

pentru desen corect, figura d) se acorda 0,2 puncte)

Pentru a confecționa o lentilă fără aberații de sfericitate, **a doua suprafață** trebuie să fie una **plană**, perpendiculară pe razele fasciculului incident, în mediul inferior, mai refringent. De data aceasta nu există o limitare a lărgimii fasciculului (planul „tăietor” poate fi oricât de jos)..... **0,5 puncte**

Comentariu: Astfel de lentile (vezi punctele b) și c)) formează imagini clare și de bună calitate numai pentru obiecte axiale, destul de îndepărtate. Pentru fascicule paralele, dar înclinate față de axa de simetrie, nu există un focar unic.**0, 25 puncte**

Soluție și barem de evaluare propuse de:

Prof.univ.dr. Uliu Florea și Prof. univ. dr. Constantinescu Radu Dan,
de la Departamentul de Fizică al Universității din Craiova
Prof. dr. Mihail Sandu – G.S.E.A.S. Călimănești

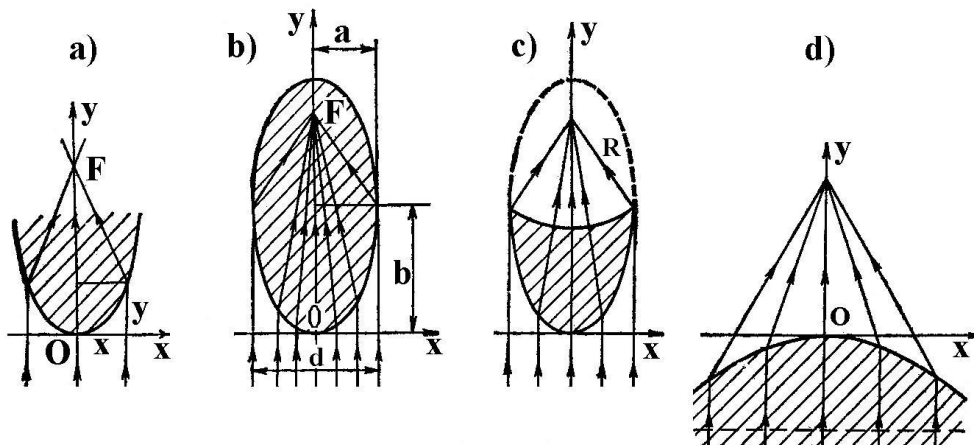
PROBA DE BARAJ,
SELECTIA LOTULUI OLIMPIC LARGIT AL ROMÂNIEI, APRILIE 2012
PROBLEMA DE OPTICĂ (Dioptri și lentile fără aberație de sfericitate)

Rezolvare și Barem de evaluare și notare

Soluția se bazează pe utilizarea *principiului lui Fermat*, sau *al staționarității drumului optic* pentru toate razele de lumină.1 punct

a). Rezolvăm mai întâi **problema ajutoare** a dioptrului cu simetrie axială. Este limpede că va fi vorba despre o **suprafață cu simetrie de rotație** față de axa fascicului luminos incident (simetrie axială). De aceea este suficient să raționăm într-o secțiune principală (planul secțiunii trece prin axa fascicului)

.....0,25 puncte



Referindu-ne la **figura a)**, **ce valorează**0,2 puncte, observăm că faza tuturor punctelor de la nivelul frontului de undă $y=0$ este aceeași (punctele din acest plan oscilează în fază). Conform principiului invocat, faza tuturor undelor ce sosesc în punctul F de pe axa de simetrie Oy trebuie să fie, de asemenea, aceeași, indiferent unde s-a produs refracția pe suprafața dioptrului.

Considerând raza centrală, cu $x=0$ (ce se propagă de-a lungul axei Oy), și o rază oarecare cu $x \neq 0$, putem scrie condiția de staționaritate a drumului optic sub forma $f \cdot n = 1 \cdot y + n \cdot \sqrt{x^2 + (f-y)^2}$, cu notația $OF = f$.

..... 2 puncte

De aici, după câteva prelucrări matematice, putem obține ușor ecuația $\frac{x^2}{a^2} + \frac{(y-b)^2}{b^2} = 1$, (*), unde $a \equiv f \sqrt{(n-1)/(n+1)}$ și $b \equiv nf/(n+1)$, cu $a < b$. Ecuația astfel obținută este cea a unei **elipse** cu semiaxele a (semiaxa mică) și b (semiaxa mare)- (**figura b**).

.....2 puncte (**figura b**) valorează 0,2 puncte)

Distanța dintre cele două focare (în sens strict geometric) ale elipsei este $2c$, în care $c = \sqrt{b^2 - a^2} = f/(n+1) = b/n$. Invers, distanța focală (în sens optic, cu semnificația evidentă în desen, precizată la început, adică $f = OF$) este $f = (n+1)c = b + c$. Această relație ne spune că fasciculul luminos se strânge dincolo de centrul elipsei, adică în focarul mai îndepărtat de punctul O.

.....0,5 puncte

Ca lărgime, fasciculul incident nu poate depăși valoarea $d \equiv 2a = 2f \sqrt{(n-1)/(n+1)}$ 0,5 puncte

b). Pentru a construi o lentilă fără aberații de sfericitate, **a doua suprafață** trebuie să fie cea a unei **sfere** cu centrul în punctul F și cu raza R satisfăcând inegalitatea $b < R < f$. În punctele de pe această suprafață razele de lumină cu sensul spre focarul F nu se frâng. Altfel spus, mediul cu indicele de refracție $n > 1$ este limitat în față de suprafața elipsoidală iar în spate de cea sferică (v. **figura c**). În exteriorul lentilei este aer ($n_{aer} = 1$).1,5 puncte (numai pentru figura c) se acordă 0,2 puncte).

c). Până aici am considerat, în mod tacit, că $n > 1$. Dacă prin n înțelegem (ca și până acum) indicele de refracție relativ, atunci am putea avea în vedere și situația $n < 1$, ceea ce înseamnă că razele fasciculului paralel incident vin din mediul mai refringent (cel de jos, hașurat în **figura d**), deplasându-se spre mediul mai puțin refringent (cel de sus). De data aceasta refracțiile s-ar produce cu îndepărtare de normalele din punctele de incidență. Considerentele anterioare, care au condus la ecuația (*), rămân valabile însă, când $n < 1$, așa cum se vede din expresia lui a , avem $a^2 < 0$. Scriind $a^2 = -|a|^2 < 0$, relația

(*) devine $\frac{(y-b)^2}{b^2} - \frac{x^2}{|a|^2} = 1$, (**). Este ecuația unei **hiperbole**.1,5 puncte (din care, numai

pentru desen corect, figura d) se acordă 0,2 puncte)

Pentru a confecționa o lentilă fără aberații de sfericitate, **a doua suprafață** trebuie să fie una **plană**, perpendiculară pe razele fasciculului incident, în mediul inferior, mai refringent. De data aceasta nu există o limitare a lărgimii fasciculului (planul „tăietor” poate fi oricât de jos)..... 0,5 puncte

Comentariu: Astfel de lentile (vezi punctele b) și c)) formează imagini clare și de bună calitate numai pentru obiecte axiale, destul de îndepărtate. Pentru fascicule paralele, dar înclinate față de axa de simetrie, nu există un focar unic.0, 25 puncte

Soluție și barem de evaluare propuse de:

Prof.univ.dr. Uliu Florea și Prof. univ. dr. Constantinescu Radu Dan,
de la Departamentul de Fizică al Universității din Craiova
Prof. dr. Mihail Sandu – G.S.E.A.S. Călimănești



Olimpiada de Fizică - Etapa națională
1 – 6 aprilie 2012
Ilfov

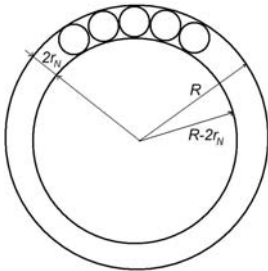
Baraj

Barem de evaluare și de notare

Se punctează în mod corespunzător oricare altă modalitate de rezolvare, care conduce la rezultate corecte

Problema a V-a
Un model simplu al nucleului atomic

Nr. item	Sarcina de lucru nr.1	Punctaj
1.a.	<p>Pentru:</p> <ul style="list-style-type: none"> expresia volumului ocupat de cei opt nucleoni într-un cub $V_8 = \frac{\pi}{6} \cdot a^3 = V_N$ 0,20p expresia volumului cubului $V_{cub} = a^3 = 8 \cdot r_N^3$ 0,10p expresia factorului de împachetare $f = \frac{V_N}{V_{cub}} = \frac{V_N}{a^3} = \frac{V_N}{(2 \cdot r_N)^3}$ 0,10p $f = 0,52$ 0,10p 	0,50p
1.b.	<p>Pentru:</p> <ul style="list-style-type: none"> expresia densității medii a nucleului $\left\{ \begin{array}{l} \rho_m = \frac{m_N}{V_{cub}} \\ \rho_m = f \cdot \frac{m_N}{V_N} \end{array} \right.$ 0,20p $\rho_m = 3,40 \cdot 10^{17} \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ 0,20p 	0,40p
1.c.	<p>Pentru:</p> <ul style="list-style-type: none"> expresia densității de sarcină electrică a nucleului $\left\{ \begin{array}{l} \rho_s = \frac{e}{2} \cdot \frac{1}{V_{cub}} \\ \rho_s = \frac{f}{2} \cdot \frac{e}{V_N} \end{array} \right.$ 0,30p $\rho_s = 1,63 \cdot 10^{25} \text{ C} \cdot \text{m}^{-3}$ 0,20p 	0,50p
1.d.	<p>Pentru:</p> <ul style="list-style-type: none"> expresia volumului ocupat de cei A nucleoni $\left\{ \begin{array}{l} V = \frac{A \cdot V_N}{f} \\ V = \frac{A}{f} \cdot \frac{4 \cdot \pi}{3} \cdot r_N^3 \end{array} \right.$ 0,20p expresia volumului nucleului considerat ca o sferă $V = \frac{4 \cdot \pi}{3} \cdot R^3$ 0,10p $R = r_N \cdot \left(\frac{A}{f} \right)^{\frac{1}{3}}$ 0,20p 	0,70p

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ $R = 1,06 \cdot A^{\frac{1}{3}} (fm)$ 	0,20p	
Nr. item	Sarcina de lucru nr.2	Punctaj	
2.a.	<p>Pentru:</p>  <ul style="list-style-type: none"> ▪ expresia volumului păturii sferice $\begin{cases} V_{suprafata} = \frac{4 \cdot \pi}{3} \cdot (R)^3 - \frac{4 \cdot \pi}{3} \cdot (R - 2 \cdot r_N)^3 \\ V_{suprafata} = 8 \cdot \pi \left(R^2 \cdot r_N - 2 \cdot R \cdot r_N^2 + \frac{4}{3} \cdot r_N^3 \right) \end{cases}$ ▪ expresia numărului de nucleoni situați în pătura sferică de la suprafața nucleului $A_{suprafata} = \frac{V_{suprafata}}{(V_N/f)} = f \cdot \frac{8 \cdot \pi \left(R^2 \cdot r_N - 2 \cdot R \cdot r_N^2 + \frac{4}{3} \cdot r_N^3 \right)}{(4\pi/3) \cdot r_N^3}$ ▪ $A_{suprafata} = 4,84 \cdot A^{2/3} - 7,80 \cdot A^{1/3} + 4,19$ ▪ $\begin{cases} E_b = a_V \cdot (A - 3 \cdot f^{1/3} \cdot A^{2/3} + 6 \cdot f^{2/3} \cdot A^{1/3} - 4 \cdot f) \\ \text{sau} \\ E_b = (15,8 \cdot A - 38,2 \cdot A^{2/3} + 61,6 \cdot A^{1/3} - 33,1) MeV \end{cases}$ 	<p>0,40p</p> <p>0,40p</p> <p>0,40p</p> <p>0,50p</p>	1,70p
Nr. item	Sarcina de lucru nr.3	Punctaj	
3.a.	<p>Pentru:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ expresia energiei electrostatice a nucleului $U_{nucleu} = \frac{3 \cdot Z \cdot (Z-1) \cdot e^2}{20 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot R}$ ▪ $\begin{cases} U_{nucleu} \cong \frac{3 \cdot A \cdot (A-2) \cdot e^2 \cdot f^{1/3}}{80 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot r_N \cdot A^{1/3}} \\ U_{nucleu} \cong \frac{3 \cdot e^2 \cdot f^{1/3}}{20 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot r_N} \cdot \left(\frac{A^{5/3}}{4} - \frac{A^{2/3}}{2} \right) \end{cases}$ sau $U_{nucleu} \cong (0,204 \cdot A^{5/3} - 0,409 \cdot A^{2/3}) \cdot MeV$ 	<p>0,40p</p> <p>0,60p</p>	1,00p
3.b.	<p>Pentru:</p> <p>expresia energia totală de legătură a nucleului</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ $E_{b,complet} = a_V \cdot (A - 3 \cdot f^{1/3} \cdot A^{2/3} + 6 \cdot f^{2/3} \cdot A^{1/3} - 4 \cdot f) - \frac{3 \cdot e^2 \cdot f^{1/3}}{20 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot r_N} \cdot \left(\frac{A^{5/3}}{4} - \frac{A^{2/3}}{2} \right)$ 	0,50p	0,50p

Nr. item	Sarcina de lucru nr.4	Punctaj
4.a.	<p>Pentru:</p> <p>expresia energiei potențiale electrostatice repulsive, corespunzătoare</p> <p>▪ nucleelor rezultate în urma dezintegrării</p> $\begin{cases} E_{el} = \frac{e^2 \cdot Z^2}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot d} \\ E_{el} = \frac{e^2 \cdot A^2}{64 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot d} \end{cases}$ <p>expresia energiei cinetice pentru cele două nuclee rezultate din dezintegrare</p> <p>▪ $E_{cin}(d) = +(-E_{b,complet}(A)) - \left(-2 \cdot E_{b,complet}\left(\frac{A}{2}\right)\right) - \frac{e^2 \cdot A^2}{64 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot d}$</p> <p>$E_{cin}(d) = a_v \cdot (-3 \cdot f^{1/3} \cdot A^{2/3} \cdot (2^{1/3} - 1) + 6 \cdot f^{2/3} \cdot A^{1/3} \cdot (2^{2/3} - 1) - 4 \cdot f) -$</p> <p>▪ $-\frac{3 \cdot e^2 \cdot f^{1/3}}{20 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot r_N} \cdot \left(\frac{A^{5/3}}{4} \cdot (2^{-2/3} - 1) - \frac{A^{2/3}}{2} \cdot (2^{1/3} - 1)\right) - \frac{e^2 \cdot A^2}{64 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0 \cdot d}$</p>	<p>1,50p</p> <p>0,40p</p> <p>0,60p</p> <p>0,50p</p>
4.b.	<p>Pentru:</p> <p>expresia energiei cinetice pentru cazul $d = 2R(A/2)$</p> <p>▪ $E_{cin}(A/2) = 2 \cdot E_{b,complet}\left(\frac{A}{2}\right) - E_{b,complet}(A) - \frac{1}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \frac{2^{1/3} \cdot f^{1/3} \cdot e^2 \cdot A^2}{32 \cdot r_N \cdot A^{1/3}}$</p> <p>$E_{cin}(A/2) = a_v \cdot (-3 \cdot f^{1/3} \cdot A^{2/3} \cdot (2^{1/3} - 1) + 6 \cdot f^{2/3} \cdot A^{1/3} \cdot (2^{2/3} - 1) - 4 \cdot f) -$</p> <p>▪ $-\frac{e^2 \cdot f^{1/3}}{\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot r_N} \cdot \left(\frac{3}{80} \cdot (2^{-2/3} - 1) - \frac{2^{1/3}}{128}\right) \cdot A^{5/3} - \frac{e^2 \cdot f^{1/3}}{\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot r_N} \cdot \left(\frac{3}{40} \cdot (2^{1/3} - 1)\right) \cdot A^{2/3}$</p> <p>sau</p> <p>$E_{cin}(A/2) = (0,02203A^{5/3} - 10,0365A^{2/3} + 36,175A^{1/3} - 33,091)MeV$</p>	<p>1,00p</p> <p>0,40p</p> <p>0,60p</p>
4.c.	<p>Pentru:</p> <p>$A = 100 \quad E_{cin} \cong -33,95MeV$</p> <p>$A = 150 \quad E_{cin} \cong -30,93MeV$</p> <p>▪ $A = 200 \quad E_{cin} \cong -14,10MeV$</p> <p>$A = 250 \quad E_{cin} \cong +15,06MeV$</p>	<p>1,20p</p>
4.d.	<p>Pentru:</p> <p>▪ $E_{cin}(d = 2R(A/2)) \geq 0$</p> <p>▪ $A \geq 227$</p>	<p>1,00p</p> <p>0,50p</p> <p>0,50p</p>
TOTAL Problema a V-a		10p

© Barem de evaluare și de notare propus de:

Dr. Delia DAVIDESCU – Centrul Național de Evaluare și Examinare – M E C T S