



Barem de evaluare și de notare
Se punctează oricare altă modalitate de rezolvare corectă a problemei

Problema I

Nr. item	A. Oscilator învârtit	Punctaj
a.	Pentru:	1,60p
	$OB^2 = d^2 + 4\ell^2 + 4\ell \cdot d \cdot \cos \alpha$ $\begin{cases} OB^2 \cong d^2 + 4\ell^2 + 4\ell \cdot d \\ OB \cong d + 2\ell \end{cases},$ dacă $\alpha \ll 1$ radian <div style="text-align: right;">0,40p</div>	
	teorema sinusurilor $\frac{d}{\sin \gamma} = \frac{2\ell}{\sin \beta} = \frac{OB}{\sin \alpha}$ $\frac{d}{\gamma} \cong \frac{2\ell}{\beta} \cong \frac{d + 2\ell}{\alpha}$, pentru unghiuri foarte mici <div style="text-align: right;">0,40p</div>	
	$\beta + \gamma = \alpha$ 0,20p	
	$\begin{cases} \gamma = \frac{d}{d + 2\ell} \cdot \alpha \\ \beta = \frac{2\ell}{2\ell + d} \cdot \alpha \end{cases}$ <div style="text-align: right;">0,20p</div>	
	expresia momentului forței care acționează asupra barei $\mu = F_{\text{centrifuga}} \cdot CB \cdot \sin \gamma = (m \cdot \Omega^2 \cdot OB) \cdot 2\ell \cdot \frac{d}{d + 2\ell} \cdot \alpha$ <div style="text-align: right;">0,20p</div>	
	$\mu = m \cdot \Omega^2 \cdot 2\ell \cdot d \cdot \alpha$ 0,20p	
b.	Pentru:	1,00p
	expresia momentului de inerție al corpului $J = m \cdot 4\ell^2$ 0,20p	
	ecuația de mișcare a barei $J\ddot{\alpha} + \mu = 0$ 0,40p	
	$\ddot{\alpha} + \Omega^2 \cdot \frac{d}{2\ell} \cdot \alpha = 0$ 0,20p	
	expresia pulsației oscilațiilor barei $\omega = \Omega \cdot \sqrt{\frac{d}{2\ell}}$ 0,20p	

- Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
- Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.

c.	Pentru:	1,00p
	<p>expresia momentului forței care acționează asupra corpului i</p> $\mu_i = F_{\text{centrifuga}, i} \cdot \frac{\ell \cdot i}{n} \cdot \sin \gamma_i$ <p>0,40p</p> $\mu_i = m \cdot \Omega^2 \cdot \frac{\ell \cdot i}{n} \cdot d \cdot \alpha$	
	<p>expresia momentului total care acționează asupra barei</p> $\mu_b = \sum_{i=1}^n \mu_i \quad \mu_b = m \cdot \Omega^2 \cdot \frac{\ell}{n} \cdot d \cdot \alpha \cdot \sum_{i=-n}^{2n} i$ <p>0,40p</p> $\mu_b = m \cdot \Omega^2 \cdot \frac{\ell}{n} \cdot d \cdot \alpha \cdot \left(-\sum_{i=1}^n i + \sum_{i=1}^{2n} i \right)$	
	$\mu_b = m \cdot \Omega^2 \cdot \ell \cdot d \cdot \alpha \cdot \frac{3n+1}{2}$ <p>0,20p</p>	
d.	Pentru:	1,40p
	<p>expresia momentului de inerție pentru corpul i $j_i = m \cdot \frac{\ell^2}{n^2} \cdot i^2$</p> <p>0,20p</p>	
	<p>expresia momentului de inerție al barei cu bilele prinse rigid</p> $j_b = \sum_{i=-n}^{-1} j_i + \sum_{i=1}^{2n} j_i \quad j_b = \frac{m \cdot \ell^2}{n^2} \cdot \left(\sum_{i=-n}^{-1} i^2 + \sum_{i=1}^{2n} i^2 \right)$ <p>0,40p</p> $j_b = \frac{m \cdot \ell^2}{n^2} \cdot \left(\frac{n(n+1) \cdot (2n+1)}{6} + \frac{2n(2n+1) \cdot (4n+1)}{6} \right)$	
	<p>ecuația de oscilație a barei cu sferile atașate $j_b \ddot{\alpha} + \mu_b = 0$</p> <p>0,60p</p> $\ddot{\alpha} + \Omega^2 \cdot \frac{d}{\ell} \cdot \frac{3n^2 + n}{6n^2 + 5n + 1} \alpha = 0$	
	<p>expresia pulsației oscilațiilor barei cu sferile atașate</p> <p>0,20p</p> $\omega = \Omega \cdot \sqrt{\frac{d}{\ell}} \cdot \sqrt{\frac{3n^2 + n}{6n^2 + 5n + 1}}$	
Nr. item	B. Supersonic	Punctaj
a.	Pentru:	0,70p
	<p>$O'M = v \cdot t$</p> <p>0,20p</p>	
	<p>$R = c \cdot t$</p> <p>0,20p</p>	
	<p>$\sin \alpha = \frac{c}{v}$</p> <p>0,30p</p>	
b.	Pentru:	0,80p
	<p>distanța parcursă de avion până la momentul T_{0b} la care unda de șoc ajunge în O</p> <p>0,20p</p> $O'M = v \cdot T_{0b}$	

	$O'M = h \cdot \operatorname{tg} \alpha$	0,20p	
	$T_{ob} = \frac{h}{v} \cdot \operatorname{tg} \alpha$	0,40p	
c.	Pentru:		2,00p
	$T = t + \frac{\sqrt{h^2 + v^2 \cdot t^2}}{c}$	0,50p	
	$\begin{cases} \frac{dT}{dt} = 0 \\ \frac{dT}{dt} = 1 + \frac{v^2 \cdot t}{c\sqrt{h^2 + v^2 \cdot t^2}} \end{cases}$	0,50p	
	$t_0 = \frac{-h}{v\sqrt{\frac{v^2}{c^2} - 1}}$	0,50p	
	$T_0 = \frac{h}{v}\sqrt{\frac{v^2}{c^2} - 1}$	0,50p	
d.	Pentru:		0,50p
	<p><i>Exemplu de răspuns:</i> $\Delta T \ll \Delta t$ Timpul „de recepție” fiind mult mai scurt decât timpul „de emisie”, intensitatea sonoră percepută de observator este mult mai mare decât aceea percepută în puncte pentru care derivata $\Delta T / \Delta t$ nu mai este aproape nulă.</p>	0,50p	
Oficiu			1,00p
TOTAL Problema a I-a			10p



Proba Teoretică

Barem de evaluare și de notare
Se punctează oricare altă modalitate de rezolvare corectă a problemei

Problema a II-a

Baloane sondă

Nr. item	A. Balon umplut cu aer - Sarcina de lucru nr. 1	Punctaj
1.a.	Pentru:	1,40p
	$(M + m) \cdot \vec{a} = (M + m) \cdot \vec{g} - V \cdot \rho_z \cdot \vec{g}$ 0,20p	
	$V \cdot \rho_z \cong M + m$, în situația în care nu mai există accelerație și balonul urcă lent 0,20p	
	$V \cdot \rho_z \geq M + m$ 0,20p	
	ecuația de stare pentru aerul din balon $p \cdot V = \frac{m}{\mu} \cdot R \cdot T$ 0,20p	
	ecuația de stare pentru aerul din exterior $p_z = \frac{\rho_z}{\mu} \cdot R \cdot T_z$ 0,20p	
	$\rho_z \cdot V = m \cdot \frac{T}{T_z}$ 0,20p	
	condiția de ascensiune a balonului $\frac{T}{T_z} \geq \frac{M + m}{m}$ 0,20p	
1.b.	Pentru:	1,00p
	variația energiei interne a aerului din balon $\Delta U = 0$ 0,20p	
	expresia lucrului mecanic de deformare a balonului $L_1 = -p \cdot \Delta V$ 0,20p	
	expresia lucrului mecanic al forței arhimedice $L_2 = \rho_z \cdot g \cdot V \cdot \Delta z$ 0,20p	
	expresia lucrului mecanic al forței de greutate $L_3 = -(M + m) \cdot g \cdot \Delta z$	
	$L_3 = -L_2$ 0,20p	
	expresia pentru principiul I al termodinamicii $-p\Delta V + Q = 0$ 0,20p	
1.c.	Pentru:	0,60p
	$p \cdot \Delta V + V \cdot \Delta p = 0$ 0,20p	
	expresia energiei electrice elementare transformată în căldură $Q = (M + m) \cdot g \cdot \Delta z$ 0,20p	

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.

	<p><i>Exemplu de răspuns:</i></p> <p>Conform enunțului, temperatura atmosferei rămâne constantă numai pentru $z > 11 \text{ km}$. Prin urmare nu este posibilă mișcarea descrisă la sarcina de lucru 1.c. pentru înălțimi $z < 11 \text{ km}$.</p>	0,20p
Nr. item	B. Balon umplut cu heliu - Sarcina de lucru nr. 2	Punctaj
2.a.	Pentru:	2,00p
	<p>expresia variației presiunii hidrostatice cu înălțimea</p> $dp = -\rho \cdot g \cdot dz$	0,40p
	$\rho_A = \frac{p_A \cdot \mu_A}{R \cdot T_A}$	0,40p
	$p_A^{1-\gamma_A} \cdot T_A^{\gamma_A} = \text{const}$	0,40p
	$\begin{cases} \frac{(1-\gamma_A)}{p_A} \cdot dp_A + \frac{\gamma_A}{T_A} \cdot dT_A = 0 \\ \frac{dp_A}{p_A} = -\frac{\gamma_A}{(1-\gamma_A)} \cdot \frac{dT_A}{T_A} \end{cases}$	0,40p
	$T_A(z) = T_0 - \frac{\mu_A \cdot g}{R\gamma_A} \cdot (\gamma_A - 1)z$	0,40p
2.b.	Pentru:	1,60p
	$\rho_A = \frac{p \cdot \mu_A}{R \cdot T_A} \quad \rho_B = \frac{p \cdot \mu_B}{R \cdot T_B}$	0,40p
	$\frac{T_B}{T_A} = \frac{\mu_B}{\mu_A}$	0,40p
	$\frac{T_B}{T_A} = \left(1 + \frac{\Gamma_A}{T_0} \cdot z_E\right)^{\eta-1} = \frac{\mu_B}{\mu_A}$	0,40p
	$z_E = \frac{T_0}{\Gamma_A} \left[\left(\frac{\mu_B}{\mu_A}\right)^{\frac{1}{\eta-1}} - 1 \right]$	0,40p
2.c.	Pentru:	2,00p
	$\frac{G_{\text{aparent}}}{m_B} = \frac{V \cdot g \cdot (\rho_B - \rho_A)}{V \cdot \rho_B}$ $\frac{G_{\text{aparent}}}{m_B} = g \cdot \left(1 - \frac{\rho_A}{\rho_B}\right)$ $\frac{G_{\text{aparent}}}{m_B} = g \cdot \left(1 - \frac{\mu_A}{\mu_B} \cdot \frac{T_B}{T_A}\right)$	0,20p
	$\frac{G_{\text{aparent}}}{m_B} = g \cdot \left(1 - \frac{\mu_A}{\mu_B} \cdot \left(1 + \frac{\Gamma_A}{T_0} \cdot z\right)^{\eta-1}\right)$ $\frac{G_{\text{aparent}}}{m_B} = g \cdot \left(1 - \frac{\mu_A}{\mu_B} \cdot \left(1 + \frac{\Gamma_A}{T_0} \cdot (z_E + x)\right)^{\eta-1}\right)$	0,20p

	$\frac{G_{aparent}}{m_B} = g \cdot \left(1 - \frac{\mu_A}{\mu_B} \cdot \left(1 + \frac{\Gamma_A}{T_0} \cdot z_E \right)^{\eta-1} \cdot \left(1 + \frac{\frac{\Gamma_A}{T_0} \cdot x}{1 + \frac{\Gamma_A}{T_0} \cdot z_E} \right)^{\eta-1} \right)$	0,20p
	$\frac{G_{aparent}}{m_B} = g \cdot \left(1 - \frac{\mu_A}{\mu_B} \cdot \left(1 + \frac{\Gamma_A}{T_0} \cdot z_E \right)^{\eta-1} \cdot \left(1 + \frac{\frac{\Gamma_A}{T_0} \cdot x \cdot (\eta-1)}{1 + \frac{\Gamma_A}{T_0} \cdot z_E} \right) \right), \text{ deoarece } x \ll z_E$	0,20p
	$\frac{G_{aparent}}{m_B} = -g^2 \cdot \frac{\mu_A}{T_0 \cdot C_{p,A}} \cdot x \cdot (\eta-1) \cdot \left(\frac{\mu_A}{\mu_B} \right)^{\frac{1}{\eta-1}}$	0,20p
	$\ddot{x} = \frac{G_{aparent}}{m_B}$	0,20p
	$\ddot{x} + g^2 \cdot \frac{\mu_A}{T_0 \cdot C_{p,A}} \cdot (\eta-1) \cdot \left(\frac{\mu_A}{\mu_B} \right)^{\frac{1}{\eta-1}} \cdot x = 0$	0,40p
	$\eta - 1 > 0, \text{ adică } C_{p,A} > C_{p,B}$	0,40p
2.d.	Pentru:	0,40p
	$\Omega = g \cdot \sqrt{\frac{\mu_A}{T_0 \cdot C_{p,A}} \cdot (\eta-1) \cdot \left(\frac{\mu_A}{\mu_B} \right)^{\frac{1}{\eta-1}}}$	0,40p
Oficiu		1,00p
TOTAL Problema a II-a		10p



Proba Teoretică

Barem de evaluare și de notare
Se punctează oricare altă modalitate de rezolvare corectă a problemei

Problema a III-a

Rezistență...și magnetorezistență

Nr. item	Rezistență	Punctaj
	Pentru:	3,00p
	situația în care întrerupătorul K este pe poziția 1 $I_1 = \frac{E}{r + R_A} \quad U_1 = \frac{E}{1 + r/R_V}$	0,20p
	$r = R_V \frac{-I_1 R_A + U_1}{I_1 \cdot R_V - U_1} \quad r = 5\Omega$	0,60p
	$E = 9V$	0,20p
	situația în care întrerupătorul K este pe poziția 2 și la bornele de măsurare este montat voltmetrul $\begin{cases} V = E - I_{R_1} \cdot (R_1 + r) \\ V = I_{R_2} \cdot R_2 \\ V = I_V \cdot R_V \end{cases}$	0,20p
	V - căderea de tensiune de la bornele rezistenței 2 I_{R_1} - intensitatea curentului electric prin rezistența R_1 I_{R_2} - intensitatea curentului electric prin rezistența R_2 I_V - intensitatea curentului electric prin voltmetru	
	$I_V = I_{R_1} - I_{R_2}$ $U_2 = I_V \cdot R_V = R_V \cdot (I_{R_1} - I_{R_2})$	0,20p
	$U_2 \cdot \left(\frac{1}{R_V} + \frac{1}{R_1 + r} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{E}{R_1 + r}$	0,20p

1. Orice rezolvare corectă ce ajunge la rezultatul corect va primi punctajul maxim pe itemul respectiv.
2. Orice rezolvare corectă, dar care nu ajunge la rezultatul final, va fi punctată corespunzător, proporțional cu conținutul de idei prezent în partea cuprinsă în lucrare din totalul celor ce ar fi trebuit aplicate pentru a ajunge la rezultat, prin metoda aleasă de elev.

	<p>situația în care întrerupătorul K este pe poziția 2 și la bornele de măsurare este montat ampermetrul</p> $\begin{cases} V'' = E - I''_{R_1} \cdot (R_1 + r) \\ V'' = I''_{R_2} \cdot R_2 \\ V'' = I_2 \cdot R_A \end{cases}$ <p>V'' - căderea de tensiune de la bornele rezistenței 2 I''_{R_1} - intensitatea curentului electric prin rezistența R_1 I''_{R_2} - intensitatea curentului electric prin rezistența R_2 I_A - intensitatea curentului electric prin ampermetru</p>	0,20p
	$I_A = I''_{R_1} - I''_{R_2}$ $I_A = V'' \cdot \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1 + r} \right) - \frac{E}{R_1 + r}$	0,20p
	$I_2 \left(\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1 + r} - \frac{1}{R_A} \right) = \frac{E}{(R_1 + r)R_A}$	0,20p
	$R_1 = \frac{\left(\frac{E}{I_2 R_A} - \frac{E}{U_2} \right)}{\frac{1}{R_A} - \frac{1}{R_V}} - r \quad R_1 \cong 802\Omega$	0,40p
	$R_2 = \frac{1}{\frac{\frac{E}{U_2} - 1}{R_1} - \frac{1}{R_V}} \quad R_2 \cong 380\Omega$	0,40p
Nr. item	Magnetorezistență - Sarcina de lucru nr. 1	Punctaj
1.a.	Pentru:	1,00p
	$\vec{a} = -\frac{e \cdot \vec{E}}{m}$	0,40p
	<p>expresia distanței parcurse de electronul care pleacă din repaus în timpul τ</p> $S = \frac{e \cdot E}{m} \cdot \frac{\tau^2}{2}$	0,20p
	<p>expresia vitezei medii a electronului (vitezei de drift) $\vec{v} = \frac{\tau \cdot e}{2m} \cdot \vec{E}$</p>	0,40p
2.b.	Pentru:	1,00p
	$U = I \cdot \frac{c}{a \cdot b} \cdot \frac{1}{\sigma}$	0,20p
	$\vec{j} = \sigma \cdot \vec{E}$	0,20p
	$\vec{j} = n \cdot e \cdot \vec{v}$	0,20p
	$\vec{j} = \frac{\tau \cdot n \cdot e^2}{2m} \cdot \vec{E}$	0,20p
	$\sigma = \frac{\tau \cdot n \cdot e^2}{2m}$	0,20p

Nr. item	Magnetorezistență - Sarcina de lucru nr. 2	Punctaj
2.a.	Pentru:	2,50p
	expresia forței Lorentz $\vec{F}_L = -e \cdot \vec{E} - e \cdot \vec{v}_m \times \vec{B}$	0,20p
	expresia accelerației electronului $\vec{a}_L = \frac{e}{m} \left[(E + v_{my} \cdot B) \cdot \vec{i} - v_{mx} \cdot B \cdot \vec{j} \right]$	0,20p
	$\frac{dv_{mx}}{dt} = \dot{v}_{mx} = \frac{e}{m} \cdot (E + v_{my} \cdot B)$ $\frac{dv_{my}}{dt} = \dot{v}_{my} = -\frac{e}{m} \cdot v_{mx} \cdot B$	0,20p
	$\begin{cases} \ddot{v}_{mx} + \frac{e^2 \cdot B^2}{m^2} v_{mx} = 0 \\ \ddot{v}_{my} + \frac{e^2 \cdot B^2}{m^2} v_{my} = -B \cdot E \cdot \frac{e^2}{m^2} \end{cases}$	0,40p
	soluția ecuației „de mișcare” de tip oscilator cu întreținere independentă de timp $\ddot{\xi} + \omega^2 \cdot \xi = \varsigma$, cu ς constant în timp $\xi(t) = A \cdot \sin(\omega \cdot t + \varphi) + \frac{\varsigma}{\omega^2}$, unde A și φ sunt constante care se determină din condițiile inițiale	0,30p
	componentele vitezei de drift a electronului $v_{mx}(t) = A \cdot \sin\left(\frac{e \cdot B}{m} \cdot t + \varphi\right) \quad v_{my}(t) = D \cdot \sin\left(\frac{e \cdot B}{m} \cdot t + \psi\right) - \frac{E}{B}$	0,20p
	condițiile inițiale $v_{mx}(0) = A \cdot \sin(\varphi) = 0 \quad v_{my}(0) = D \cdot \sin(\psi) - \frac{E}{B} = 0$ $a_{mx}(0) = A \cdot \frac{e \cdot B}{m} \cdot \cos(\varphi) = \frac{eE}{m} \quad a_{my}(0) = D \cdot \frac{e \cdot B}{m} \cdot \cos(\psi) = 0$	0,20p
	$\begin{cases} \varphi = 0 \\ A = \frac{E}{B} \end{cases} \quad \begin{cases} \psi = \frac{\pi}{2} \\ D = \frac{E}{B} \end{cases}$	0,20p
	$v_{mx}(t) = \frac{E}{B} \cdot \sin\left(\frac{e \cdot B}{m} \cdot t\right)$	0,30p
	$v_{my}(t) = -\frac{E}{B} \cdot \left[1 - \cos\left(\frac{e \cdot B}{m} \cdot t\right) \right]$	0,30p
2.b.	Pentru:	1,50p
	expresia vitezei pe direcția Ox cazul câmpurilor magnetice slabe $v_{mx}(t) \cong \frac{e \cdot E}{m} \cdot t - \frac{e^3 \cdot B^2 \cdot E}{6m^3} \cdot t^3$	0,40p

<p>expresia distanței s pe care se deplasează electronul între două ciocniri, în intervalul de timp τ</p> $s = \frac{e \cdot E}{2m} \cdot \tau^2 - \frac{e^3 \cdot B^2 \cdot E}{24m^3} \cdot \tau^4$	0,30p
<p>expresia vitezei medii de deplasare a electronului (viteza de drift în câmp magnetic)</p> $v_m = \frac{s}{\tau} = \frac{e \cdot E}{2m} \cdot \tau - \frac{e^3 \cdot B^2 \cdot E}{24m^3} \cdot \tau^3$	0,20p
<p>expresia variației relative a conductivității</p> $\frac{\Delta\sigma}{\sigma} = \frac{\sigma(B) - \sigma(0)}{\sigma(0)}$ $\frac{\Delta\sigma}{\sigma} = \frac{v_m - v}{v}$	0,20p
$\frac{\Delta\sigma}{\sigma} = -\frac{e^2 \tau^2 B^2}{12m}$	0,20p
$\begin{cases} \alpha = -\frac{e^2 \cdot \tau^2}{12m} \\ \beta = 2 \end{cases}$	0,20p
Oficiu	1,00p
TOTAL Problema a III-a	10p

© Barem de evaluare și de notare propus de

Conf. dr. Adrian DAFINEI – Facultatea de fizică, Universitatea București

Profesor Ioan POP - Colegiul Național „Mihai Eminescu”, Satu Mare

Profesor Ion TOMA - Colegiul Național „Mihai Viteazul”, București