



Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București

9 martie 2025

Barem de evaluare și de notare

XI

pagina 1 din 8

Barem Subiectul I: Levitație și oscilații în câmp magnetic		Parțial	Punctaj
a)	Inducția magnetică B , în interiorul unui solenoid foarte lung, la mijlocul acestuia, este: $B = \mu_0 I_S n$	0,5	1,5 p
	Putem privi solenoidul ca fiind format din doi solenoizi foarte lungi, identici, aflați unul în continuarea celuilalt. În acest fel, câmpul magnetic în punctul aflat la mijlocul solenoidului este rezultatul suprapunerii câmpurilor create, la capăt, de cei doi solenoizi. Câmpurile magnetice fiind identice, inducția magnetică la capătul unui solenoid foarte lung este: $B_0 = \frac{B}{2} = \frac{1}{2} \mu_0 I_S n$	1,0	
b)	Considerăm inelul situat la distanța z de capătul solenoidului. Fluxul magnetic total este: $\Phi = B_z S + LI = B_0(1 - \alpha z)S + LI$ unde I este curentul indus în inel.	0,4	3,0 p
	Supraconductorul conservă fluxul magnetic. Inițial, fluxul magnetic este zero, de aceea: $I(z) = -\frac{B_0(1 - \alpha z)S}{L}$ Semnul „minus” indică faptul că sensul curentului prin inel este opus sensului curentului prin spirele solenoidului. Prin urmare, inelul este respins de solenoid.	0,4	
	Forța electromagnetică dintre inel și solenoid are sensul de jos în sus. $F_z = F_{em} - mg = I(z) B_r 2\pi r_0 - mg$ unde r_0 este raza inelului.	0,4	
	Se obține: $F_z = \frac{B_0^2(1 - \alpha z)S^2}{L} 2\beta - mg$	0,4	
	La echilibru, $F_z = 0$, astfel: $B_0^2(1 - \alpha z) = \frac{mgL}{2\beta S^2}$	0,4	
	Înlocuind expresia pentru B_0 , rezultă: $\left(\frac{1}{2} \mu_0 I_S n\right)^2 (1 - \alpha z) = \frac{mgL}{2\beta S^2}$	0,4	

- 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.



Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București

9 martie 2025

Barem de evaluare și de notare

XI

pagina 2 din 8

	Pentru $z = 0$, se obține valoarea critică a curentului:		
	$I_s = I_c = \sqrt{\frac{mgL}{2\beta}} \frac{2}{S\mu_0 n}$	0,3	
	Numeric: $I_c = 11,1 \text{ A}$	0,3	
c)	Pentru $I_s > I_c$, inelul levitează deasupra solenoidului, la o înălțime $z = z_0$ (coaxial cu solenoidul). Astfel,		2,0 p
	$(1 - \alpha z_0) = \left(\frac{I_c}{I_s}\right)^2$	1,0	
	Dacă $I_s = 2I_c$, atunci		
	$z_0 = \frac{3}{4\alpha} = 2,1 \text{ cm}$	1,0	
d)	În acest caz, $I_s = 2I_c = \text{constant}$, iar inducția magnetică la capătul solenoidului este:		2,5 p
	$B_0 = \mu_0 I_c n$	0,5	
	Pentru o deplasare mică Δz de la poziția de echilibru, se obține (folosind $z = z_0 + \Delta z$):		
	$F_z = \frac{B_0^2(1 - \alpha z_0)S^2}{L} 2\beta - \frac{B_0^2 \alpha \Delta z S^2}{L} 2\beta - mg$	0,5	
	$F_z = -\frac{2\alpha\beta B_0^2 S^2}{L} \Delta z$	0,5	
	Se observă că această forță este cvasi-elastică, având coeficientul de elasticitate:		
	$k = \frac{2\alpha\beta B_0^2 S^2}{L}$	0,5	
	Frecvența micilor oscilații ale inelului, de-o parte și de alta a poziției de echilibru, este:		
	$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} = 6,0 \text{ Hz}$	0,5	
	Oficiu		1 p
	Total Subiectul I		10 p

- 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.



Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București

9 martie 2025

Barem de evaluare și de notare

XI

pagina 3 din 8

Barem Subiectul II: Sistem oscilant cu elemente elastice pneumatice.		Parțial	Punctaj
a.	În urma ciocnirii plastice cei doi cilindri se opresc dar pistoanele continuă să se deplaseze, în virtutea inerției, spre peretele masiv. Presupunem că acestea s-au deplasat față de poziția lor de echilibru cu o distanță mică notată cu x . Volumele inițiale ocupate de gazele închise în cele trei compartimente sunt: $V_{01} = 2lS_1 = 2Sl$, $V_{02} = (S_1 + S_2)l = 3Sl$ și $V_{03} = 2lS_2 = 4Sl$.	0,3	3,5 p
	După deplasarea pistoanelor spre peretele masiv cu distanța x , volumele celor trei compartimente devin: $V_1 = S(2l + x)$, $V_2 = S(3l + x)$ și $V_3 = 2S(2l - x)$. Observăm că $V_1 > V_{01}$, $V_2 > V_{02}$ și $V_3 < V_{03}$ (gazele din compartimentele (C_1) și (C_2) se destind adiabetic, în timp ce gazul din compartimentul (C_3) se comprimă adiabetic).	0,3	
	Presiunile gazelor din cele trei compartimente satisfac ecuația lui Poisson: $p_1 V_1^\gamma = p_0 V_{01}^\gamma$, $p_2 V_2^\gamma = p_0 V_{02}^\gamma$ și $p_3 V_3^\gamma = p_0 V_{03}^\gamma$.	0,3	
	După efectuarea înlocuirilor și folosirea relației de aproximare menționată în nota de la finalul enunțului, se obțin următoarele rezultate pentru cele trei presiuni: $p_1 \cong p_0 \left(1 - \frac{\gamma x}{2l}\right)$, $p_2 \cong p_0 \left(1 - \frac{\gamma x}{3l}\right)$ și $p_3 = p_0 \left(1 + \frac{\gamma x}{2l}\right)$.	0,3	
	Forța rezultantă ce acționează asupra celor două pistoane este: $F_{rez} = (p_1 - p_2)S_1 + (p_2 - p_3)S_2$	0,3	
	Prin înlocuirea presiunilor (p_1, p_2 și p_3), a ariilor (S_1 și S_2) și a exponentului adiabetic $\gamma = \frac{5}{3}$ se obține: $F_{rez} = -\frac{55p_0S}{18l}x$	0,5	
	Deci forța rezultantă care readuce pistoanele spre poziția lor de echilibru este de tip elastic, iar constanta elastică echivalentă are expresia: $k_{ech.} = \frac{55p_0S}{18l}$.	0,5	
	Perioada micilor oscilații efectuate de cele două pistoane este: $T_{osc.} = 2\pi \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{k_{ech.}}}$.	0,5	
	După înlocuirea maselor și constantei elastice echivalente se obține: $T_{osc.} = 2\pi \sqrt{\frac{54ml}{55p_0S}}$.	0,5	

- 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.



Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București

9 martie 2025

Barem de evaluare și de notare

XI

pagina 4 din 8

b.	Întrucât cilindrii sunt rigizi și confecționați din materiale termoizolatoare, energia totală a sistemului format din cele două pistoane împreună cu gazele ideale închise în cele trei compartimente se conservă: $E_i = E_f$.	0,5	3,5 p
	Energia totală în starea inițială a sistemului este: $E_i = \frac{3mv_{\max}^2}{2} + \nu_1 C_V T_0 + \nu_2 C_V T_0 + \nu_3 C_V T_0$.	0,5	
	Energia totală în starea finală a sistemului este: $E_f = \nu_1 C_V T_1 + \nu_2 C_V T_2 + \nu_3 C_V T_3$, în care T_1 , T_2 și T_3 sunt temperaturile finale ale gazelor închise în cele trei compartimente.	0,5	
	Se obține pentru viteza maximă relația: $v_{\max} = \sqrt{\frac{R}{m} [\nu_1 (T_1 - T_0) + \nu_2 (T_2 - T_0) + \nu_3 (T_3 - T_0)]}$	0,5	
	Pentru exprimarea temperaturilor finale T_1 , T_2 și T_3 putem folosi ecuația transformării adiabatice scrisă sub forma: $TV^{\gamma-1} = T_0 V_0^{\gamma-1}$ sau $T = T_0 \left(\frac{V_0}{V}\right)^{\gamma-1}$	0,2	
	Volumele inițiale ocupate de gazele închise în cele trei compartimente înainte de momentul ciocnirii cu peretele masiv (care au fost deja exprimate și punctate la rezolvarea punctului a) sunt: $V_{01} = 2lS_1 = 2Sl$, $V_{02} = (S_1 + S_2)l = 3Sl$ și $V_{03} = 2lS_2 = 4Sl$.	-	
	Volumele finale ocupate de gazele închise în cele trei compartimente în momentul opririi pistoanelor sunt: $V_1 = 3lS_1 = 3Sl$, $V_2 = 2lS_2 = 4Sl$ și $V_3 = lS_2 = 2Sl$.	0,3	
	După înlocuire se obțin următoarele rezultate pentru temperaturi: $T_1 = T_0 \left(\frac{2}{3}\right)^{\frac{2}{3}}$, $T_2 = T_0 \left(\frac{3}{4}\right)^{\frac{2}{3}}$ și $T_3 = T_0 \left(\frac{2}{1}\right)^{\frac{2}{3}}$.	0,3	
	Pentru a cantitățile de gaz din cele trei compartimente putem folosi ecuația termică de stare a gazului ideal scrisă pentru starea gazelor ce corespunde poziției de echilibru a pistoanelor: $p_0 V_0 = \nu RT_0$ sau $\nu = \frac{p_0 V_0}{RT_0}$.	0,2	
	Se obține: $\nu_1 = \frac{p_0 V_{01}}{RT_0} = \frac{2p_0 Sl}{RT_0}$, $\nu_2 = \frac{p_0 V_{02}}{RT_0} = \frac{3p_0 Sl}{RT_0}$ și $\nu_3 = \frac{p_0 V_{03}}{RT_0} = \frac{4p_0 Sl}{RT_0}$.	0,3	

- 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.



Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București

9 martie 2025

Barem de evaluare și de notare

XI

pagina 5 din 8

	<p>Rezultat final:</p> $v_{\max} = \sqrt{\frac{p_0 S l}{m} \left[2 \left(\frac{2}{3} \right)^{\frac{2}{3}} + 3 \left(\frac{3}{4} \right)^{\frac{2}{3}} + 4 \left(\frac{2}{1} \right)^{\frac{2}{3}} - 9 \right]}$	0,2	
c.	<p>Presiunile gazelor pot fi determinate cu ecuația lui Poisson scrisă pentru stările de dinaintea ciocnirii cu peretele masiv și stările ce corespund momentului în care pistoanele sau oprit:</p> $pV^\gamma = p_0V_0^\gamma \text{ sau } p = p_0 \left(\frac{V_0}{V} \right)^\gamma.$	0,5	2,0 p
	<p>Înlocuind volumele inițiale și finale pentru cele trei gaze monoatomice ($\gamma = \frac{5}{3}$) se obține:</p> $p_1 = p_0 \left(\frac{2}{3} \right)^{\frac{5}{3}}, p_2 = p_0 \left(\frac{3}{4} \right)^{\frac{5}{3}} \text{ și } p_3 = p_0 \left(\frac{2}{1} \right)^{\frac{5}{3}}.$	1,5	
	<p>O a doua variantă de rezolvare a punctului c) se bazează pe utilizarea ecuației Clapeyron - Mendeleev scrisă pentru stările ce corespund momentului în care pistoanele sau oprit, folosind expresiile cunoscute de la rezolvarea punctului b) pentru cantitățile de gaz (ν_1, ν_2 și ν_3), pentru temperaturilor finale (T_1, T_2 și T_3) și pentru volumele finale (V_1, V_2 și V_3).</p>	-	
Oficiu			1 p
Total subiectul II			10 p

- 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.



Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București

9 martie 2025

Barem de evaluare și de notare

XI

pagina 6 din 8

Barem Subiectul III – Tubul lui Kundt		Parțial	Punctaj																											
a.	Sarcina de lucru nr. 1																													
	- în tub se formează unde staționare longitudinale , ca urmare a interferenței undei sonore produse de oscilațiile discului D cu unda reflectată de discul D'.	0,3	1,0 p																											
	- În nodurile de presiune , amplitudinea variațiilor de presiune este nulă, dar viteza mișcării ordonate a particulelor de aer este maximă ; în ventrele de presiune , amplitudinea variațiilor de presiune este maximă, dar viteza este nulă.	0,2																												
	- Pulberea fină din tub este antrenată de mișcarea aerului. Deoarece în nodurile de presiune viteza aerului este maximă, pulberea este îndepărtată din nodurile de presiune și acumulată în ventre, formând grămjăjoarele observate.	0,2																												
	- Grămjăjoarele sunt echidistante deoarece în unda staționară distanța dintre două ventre alăturate este $d = \frac{\lambda}{2}$	0,3																												
b.	Sarcina de lucru nr. 2																													
	- Completarea unui tabel cu valorile calculate ale perioadei și lungimii de undă		3,5 p																											
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nr. crt.</th> <th>$T / 10^{-4} \text{s}$</th> <th>$\lambda / 10^{-2} \text{m}$</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>2,5</td><td>8,0</td></tr> <tr><td>2</td><td>3,0</td><td>10,0</td></tr> <tr><td>3</td><td>3,3</td><td>11,0</td></tr> <tr><td>4</td><td>4,0</td><td>14,0</td></tr> <tr><td>5</td><td>5,0</td><td>16,0</td></tr> <tr><td>6</td><td>6,25</td><td>21,0</td></tr> <tr><td>7</td><td>9,1</td><td>30,0</td></tr> <tr><td>8</td><td>10,0</td><td>33,0</td></tr> </tbody> </table>	Nr. crt.		$T / 10^{-4} \text{s}$	$\lambda / 10^{-2} \text{m}$	1	2,5	8,0	2	3,0	10,0	3	3,3	11,0	4	4,0	14,0	5	5,0	16,0	6	6,25	21,0	7	9,1	30,0	8	10,0	33,0	1,6
Nr. crt.	$T / 10^{-4} \text{s}$	$\lambda / 10^{-2} \text{m}$																												
1	2,5	8,0																												
2	3,0	10,0																												
3	3,3	11,0																												
4	4,0	14,0																												
5	5,0	16,0																												
6	6,25	21,0																												
7	9,1	30,0																												
8	10,0	33,0																												
	$\lambda = v \cdot T$	0,3																												
	- Alegerea scalei pe cele două axe astfel încât graficul să ocupe cât mai bine suprafața de hârtie milimetrică disponibilă (pentru precizie ridicată)	0,2																												
	- Indicarea pe axe a mărimilor fizice, a unităților de măsură și a valorilor numerice	0,2																												
	- Reprezentarea celor 8 puncte experimentale	0,8																												
	- Trasarea dreptei care reprezintă dependența cerută, prin origine și printre punctele experimentale	0,2																												
	- Calcularea vitezei sunetului ca pantă a graficului. Se acceptă valori între $330 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ și $334 \frac{\text{m}}{\text{s}}$	0,2																												

- 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.



Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București

9 martie 2025

Barem de evaluare și de notare

XI

pagina 7 din 8

c.	Sarcina de lucru nr. 3		1,5 p
	Sunetul emis de tija de alamă creează unde staționare în aerul din tubul lui Kundt, iar distanța dintre două grămăjoare consecutive este $d = \frac{\lambda_{aer}}{2}$	0,3	
	Frecvența oscilațiilor este: $\nu = \frac{v_{aer}}{\lambda_{aer}}$	0,3	
	Tija oscilează în modurile proprii ale unei bare fixate la mijloc și liberă la capete. Lungimea este relativ mică, deci este avantajat modul fundamental: $\ell = \frac{\lambda_{alamă}}{2}$	0,3	
	$v_{alamă} = \lambda_{alamă} \cdot \nu \Rightarrow v_{alamă} = \frac{v_{aer} \cdot \ell}{d}$	0,3	
	Numeric: $v_{alamă} = 3,5 \cdot 10^3 \frac{m}{s}$	0,3	
d.	Sarcina de lucru nr. 4		1,5 p
	$v = v(p, \rho) \Rightarrow v = a \cdot p^\alpha \cdot \rho^\beta$, unde a este o constantă adimensională	0,3	
	$\langle v \rangle = \frac{m}{s}$ sau $[v] = L \cdot T^{-1}$	0,2	
	$\langle p \rangle = \frac{kg}{m \cdot s^2}$ sau $[p] = M \cdot L^{-1} \cdot T^{-2}$	0,2	
	$\langle \rho \rangle = \frac{kg}{m^3}$ sau $[\rho] = M \cdot L^{-3}$	0,2	
	Obținem: $\begin{cases} \alpha + \beta = 0 \\ -\alpha - 3\beta = 1 \\ -2\alpha = -1 \end{cases}$	0,3	
Rezultă $\alpha = \frac{1}{2}$ și $\beta = -\frac{1}{2}$, deci $v = a \cdot \sqrt{\frac{p}{\rho}}$	0,3		
e.	Sarcina de lucru nr. 5		1,5 p
	$pV = \nu RT \Rightarrow \frac{p}{\rho} = \frac{RT}{\mu}$	0,2	
	rezultă $v = a \cdot \sqrt{\frac{RT}{\mu}}$	0,2	
	$\frac{v}{v_0} = \sqrt{\frac{T}{T_0}}$	0,2	
	$\frac{v}{v_0} = \sqrt{\frac{T_0 + \Delta T}{T_0}} \Rightarrow v = v_0 \sqrt{1 + \frac{t}{T_0}}$	0,2	

- 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.



Olimpiada de Fizică
Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București

9 martie 2025

Barem de evaluare și de notare

XI

pagina 8 din 8

Pentru valori mici ale raportului $\frac{t}{T_0}$ obținem $v = v_0 + \frac{v_0}{2T_0} t$	0,2	
v_0 are semnificația de viteză a sunetului în aer la 0°C, deci are valoarea determinată la sarcina de lucru nr. 2	0,2	
$k = \frac{v_0}{2T_0} \Rightarrow k = 0,6 \frac{\text{m}}{\text{s} \cdot \text{K}}$	0,3	
Oficiu		1 p
Total subiectul III		10 p

Barem propus de:

*Prof. dr. Adrian BODNARESCU, Colegiul Național „Eudoxiu Hurmuzachi”, Rădăuți**Prof. dr. Leonaș DUMITRAȘCU, Liceul Teoretic “Mihail Kogălniceanu”, Vaslui**Prof. Aura VĂȘII, Colegiul Național Militar „Dimitrie Cantemir”, Breaza**Prof. Liviu BLANARIU, Centrul Național de Politici și Evaluare în Educație, București*

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.