Ministerul Educației și Cercetării

Olimpiada de Fizică

Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București

9 martie 2025

Barem de evaluare și de notare

X

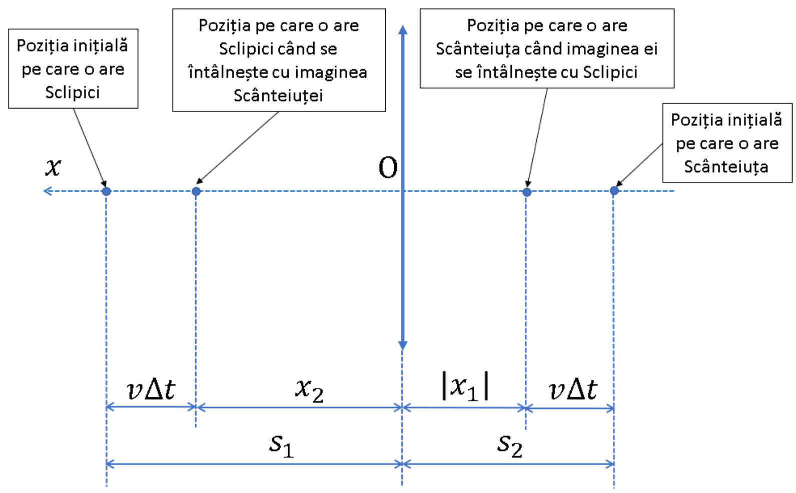
<table>
<tr><th colspan="2">Barem Subiectul I. Lentilă și ... licurici</th><th>Parțial</th><th>Punctaj</th></tr>
<tr><td rowspan="8">a.</td><td>Pentru prima poziția a lentilei:
$$\frac{1}{x_2}-\frac{1}{x_1}=\frac{1}{f}$$
$$D=-x_1+x_2$$</td><td>0,50p</td><td rowspan="8">3</td></tr>
<tr><td>Efectuând calculele se obține ecuația:
$$x_1^2+Dx_1+Df=0$$</td><td>0,50p</td></tr>
<tr><td>Cu soluțiile:
$$x_1=\frac{-D+\sqrt{D^2-4Df}}{2}$$
$$x'_1=\frac{-D-\sqrt{D^2-4Df}}{2}$$</td><td>0,50p</td></tr>
<tr><td>Distanța între cele două poziții determinate ale lentilei pentru a obține pe ecran două imagini clare ale licuriciului este:
$$d=-x'_1-(-x_1)$$</td><td>0,25p</td></tr>
<tr><td>Efectuând calculele, distanța focală a lentilei este:
$$f=\frac{D^2-d^2}{4D}$$</td><td>0,50p</td></tr>
<tr><td>Numeric: $f=15\text{ cm}=0{,}15\text{ m}$</td><td>0,25p</td></tr>
<tr><td>Deoarece:
$$f>0$$
lentila este convergentă.</td><td>0,25p</td></tr>
<tr><td>Distanțele de la lentilă la Sclipici sunt:
$$x_1=-20\text{ cm}=-0{,}20\text{ m}$$
$$x'_1=-60\text{ cm}=-0{,}60\text{ m}$$</td><td>0,25p</td></tr>
<tr><td>b.</td><td>Cu notațiile din Figura 1.R.:


Figura 1.R.
$$\frac{1}{x_2}+\frac{1}{|x_1|}=\frac{1}{f}$$</td><td>0,50p</td><td>3</td></tr>
</table>

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.

	Unde: $\lvert x_1\rvert = s_2 - v\Delta t$ $x_2 = s_1 - v\Delta t$	0,50p	
	Efectuând calculele, obținem ecuația: $v^2(\Delta t)^2 - v(s_1 + s_2 - 2f)\Delta t + s_1 s_2 - (s_1 + s_2)f = 0$	0,50p	
	Cu soluțiile: $(\Delta t)_{1,2} = \frac{1}{2v}\left[s_1 + s_2 - 2f \pm \sqrt{(s_1 - s_2)^2 + 4f^2}\right]$	0,25p	
	Numeric: $(\Delta t)_1 \cong 10{,}59$ s $(\Delta t)_2 \cong 18{,}41$ s	0,25p	
	Intervalul de timp în care Scânteiuța ajunge în focarul obiect al lentilei este: $\Delta\tau = \frac{s_2 - f}{v}$; $\Delta\tau = 12$ s	0,25p	
	După intervalul de timp $\Delta\tau$ imaginea Scânteiuței va fi virtuală.	0,25p	
	Deoarece: $(\Delta t)_2 > \Delta\tau$ soluția $(\Delta t)_2$ nu are sens fizic.	0,25p	
	Intervalul de timp, de la începerea mișcării, în care Sclipici întâlnește imaginea Scânteiuței este: $(\Delta t)_1 \cong 10{,}59$ s	0,25p	
c.	Mărirea liniară longitudinală a lănțișorului luminos format din cei 15 licurici este: $\gamma = \frac{x_2 - x'_2}{x_1 - x'_1}$ unde x_1 și x'_1 sunt coordonatele extremităților lănțișorului luminos obiect, iar x_2 și x'_2 sunt extremitățile imaginii lănțișorului luminos.	0,25p	**2**
	Din relația: $\frac{1}{x_2} - \frac{1}{x_1} = \frac{1}{f}$	0,25p	
	Cu $x_1 = -22{,}5$ cm și efectuând calculele obținem: $x_2 = 45$ cm $= 0{,}45$ cm	0,25p	
	Din relația: $\frac{1}{x'_2} - \frac{1}{x'_1} = \frac{1}{f}$	0,25p	
	Unde: $\lvert x'_1\rvert = \lvert x_1\rvert + 15\ell$; $x'_1 = -30$ cm $= -0{,}30$ m	0,25p	
	Efectuând calculele obținem: $x'_2 = 30$ cm $= 0{,}30$ m	0,25p	
	Lungimea imaginii lănțișorului luminos este: $L = 15$ cm $= 0{,}15$ m	0,25p	
	Mărirea liniară longitudinală este: $\gamma = 2$	0,25p	

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.

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII

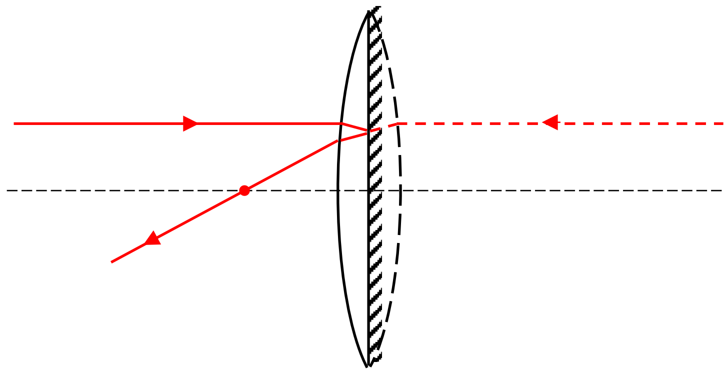
Olimpiada de Fizică

Etapa județeană/a sectoarelor municipiului București

9 martie 2025

Barem de evaluare și de notare

X

d.	În urma argintării feței plane a lentilei, convergența sistemului este: $$C_s = -2C \Leftrightarrow \frac{1}{f_s} = -2\frac{1}{f}$$	0,5p	**1**
	Distanța focală a sistemului obținut prin argintarea feței plane a lentilei este: $$f_s = -\frac{f}{2}$$	0,25p	
	Numeric: $$f_s = -7{,}5\ \text{cm} = -0{,}075\ \text{m}$$	0,25p	
	Metodă echivalentă: Având în vedere imaginea formată de oglinda plană, sistemul optic descris se comportă ca și cum fasciculul de raze paralele ar veni din stânga și ar trece printr-o lentilă biconvexă simetrică (sistemul acolat format din lentila plan-convexă și imaginea ei în oglinda plană). Focarul imagine se află în partea dinspre care vine inițial lumina, deci este caracterizat de o coordonată negativă, $f_s < 0$ $$\left\|\frac{1}{f_s}\right\| = (n-1)\frac{2}{R} = \frac{2}{f} \Rightarrow \|f_s\| = \frac{f}{2} \Rightarrow$$ $$\|f_s\| = 7{,}5\ \text{cm} = 0{,}075\ \text{m}$$ 	(1p)	
Oficiu			**1**
Total subiectul I			**10**

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.

Barem Subiectul II. ***Cilindru cu ....probleme***		**Parțial**	**Punctaj**
A.			
a.1.	Din condiția de echilibru mecanic a fiecărui piston (pistoanele coboară încet) – sau din teorema de variație a energiei cinetice aplicată fiecărui piston, rezultă că: $F_0 + G = F_1$	0,50	**2**
	de unde: $p_1 = p_0 + \frac{mg}{S}$	0,50	
	și respectiv: $F_0 = F_2 + G$	0,50	
	de unde: $p_2 = p_0 - \frac{mg}{S}$	0,50	
	Se observă că cele două presiuni sunt constante, diferite și independente de izolarea termică a sistemului.		
a.2.i.	Lucrul mecanic efectuat de gazul din compartimentul superior este: $L_{gaz,1} = -p_1V_1$ iar cel efectuat de gazul din compartimentul inferior este: $L_{gaz,2} = p_2V_2$	0,20p	**1**
	Sistemul fiind **izolat termic**, gazul nu primește și nu cedează căldură, astfel încât, conform primului principiu al termodinamicii: $\Delta U_1 + L_{gaz,1} + \Delta U_2 + L_{gaz,2} = 0$ unde: $\Delta U_1 = -\nu C_V T_1$ și $\Delta U_2 = \nu C_V T_2$	0,20p	
	Obținem: $p_1V_1 - p_2V_2 = \nu C_V T_2 - \nu C_V T_1$	0,20p	
	Deoarece: $\frac{C_V}{R} \neq 1$ rezultă că: $p_1V_1 - p_2V_2 = 0$	0,20p	
	de unde: $V_2 = \frac{p_1V_1}{p_2}$ și în consecință $\ell_2 = \frac{p_1V_1}{Sp_2}$	0,20p	
a.2.ii.	Gazul este mereu în echilibru termic cu mediul înconjurător, temperatura finală este egală cu cea inițială.	0,50p	**1**
	$V_2' = \frac{p_1V_1}{p_2}$ de unde $\ell_2' = \frac{p_1V_1}{Sp_2}$ astfel: $\frac{\ell_2'}{\ell_2} = 1$	0,50p	

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.

B.			
b.1.	Deoarece sistemul este izolat adiabatic: $$Q_1 + Q_2 = 0$$	0,50p	**2**
	Conform primului principiu al termodinamicii: $$\Delta U_1 + L_1 + \Delta U_2 + L_2 = 0$$	0,50p	
	Din teorema de variație a energiei cinetice: $$\Delta E_C = L_1 + L_2 + L_G$$	0,50p	
	Din cele trei relații rezultă că: $$\frac{\nu_1 R}{\gamma - 1}(T - T_1) + \frac{\nu_2 R}{\gamma - 1}(T - T_2) + \frac{mv^2}{2} - mgh = 0$$	0,50p	
b.2.	Fiecare gaz în parte suferă o transformare adiabatică, astfel că: • pentru gazul din compartimentul superior: $$T_1 V_{01}^{\gamma-1} = T V_1^{\gamma-1}$$ • pentru gazul din compartimentul inferior: $$T_2 V_{02}^{\gamma-1} = T V_2^{\gamma-1}$$	0,80p	**3**
	Din ecuațiile pentru transformările adiabatice de mai sus obținem: $$x\frac{f}{1-f} = \frac{fV + Sh}{(1-f)V - Sh}$$ unde: $$x = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$$ Rezultă: $$h = \frac{V}{S} f(1-f)\frac{x-1}{1+f(x-1)}$$	0,80p	
	Temperatura T este: $$T = \left[fT_1^{\frac{1}{\gamma-1}} + (1-f)T_2^{\frac{1}{\gamma-1}}\right]^{\gamma-1} = T_2[1 + f(x-1)]^{\gamma-1}$$	0,80p	
	Viteza pistonului este: $$v = \sqrt{2gh + \frac{2R}{m(\gamma-1)}[\nu_1 T_1 + \nu_2 T_2 - (\nu_1 + \nu_2)T]}$$ cu T și h date mai sus.	0,60p	
Oficiu			**1**
Total subiectul II			**10**

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.

Barem Subiectul III. ***Forțe de rezistență***		**Parțial**	**Punctaj**
A.			
a.	Pentru **Principiul al II-lea al mecanicii:** $m\vec{a} = -kR\vec{v} + m\vec{g}$ în proiecție pe axa mișcării, orientată în sus. $ma + kRv = -mg$	0,25p	**2**
	Masa grăuntelui se poate exprima ca: $m = \rho V = \frac{4\pi}{3}\rho R^3$	0,25p	
	Identificăm ecuația, conform indicației: $\frac{4\pi}{3}\rho R^3 \cdot a + kR \cdot v = -\frac{4\pi}{3}\rho R^3 g$ Unde: $m = \frac{4\pi}{3}\rho R^3$ $b = kR$ $F = -\frac{4\pi}{3}\rho R^3 g.$ Ecuațiile care rezultă sunt: $v(t) = v_0 \cdot e^{-\frac{3kt}{4\pi\rho R^2}} - \frac{4\pi\rho R^2 g}{3k}\left(1 - e^{-\frac{3kt}{4\pi\rho R^2}}\right)$ $x(t) = \left(v_0 + \frac{4\pi\rho R^2 g}{3k}\right) \cdot \frac{4\pi\rho R^2}{3k}\left(1 - e^{-\frac{3kt}{4\pi\rho R^2}}\right) - \frac{4\pi\rho R^2 g}{3k} \cdot t$	0,50p	
	În momentul t_0, viteza corpului trebuie să se anuleze, prin urmare este valabilă relația: $v_0 = \frac{4\pi\rho R^2 g}{3k}\left(e^{\frac{3kt_0}{4\pi\rho R^2}} - 1\right)$	0,25p	
	Valoarea numerică a vitezei inițiale: $v_0 = 20\ \mathrm{m\ s^{-1}}$	0,25p	
	La t_0, este valabilă relația: $h = x(t_0) = \left(v_0 + \frac{4\pi\rho R^2 g}{3k}\right) \cdot \frac{4\pi\rho R^2}{3k}\left(1 - e^{-\frac{3kt_0}{4\pi\rho R^2}}\right) - \frac{4\pi\rho R^2 g}{3k} \cdot t_0$	0,25p	
	Valoarea numerică a înălțimii maxime: $h = 8\ \mathrm{m}$	0,25p	
b.	Aplicăm teorema de variație a impulsului: $(\vec{F}_{rm} + \vec{G})\Delta t = \Delta\vec{p}$	0,25p	**1,5**
	Unde: $\Delta\vec{p} = m\Delta\vec{v}$	0,25p	
	Teorema de variație a impulsului proiectată pe direcția și în sensul mișcării este: $-F_{rm} - G = m\frac{\Delta v}{\Delta t}$	0,25p	

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.

	Deci: $$-F_{r_m} - mg = -\frac{mv_0}{t_0}$$	0,25p	
	Rezultă: $$F_{r_m} = m\left(\frac{v_0}{t_0} - g\right)$$	0,25p	
	Valoarea numerică a forței medii de rezistență este: $$F_{r_m} = 16 \cdot 10^{-8}\,\mathrm{N}$$	0,25p	
c.	Viteza limită se atinge atunci când accelerația este nulă (forța de greutate se echilibrează cu forța de rezistență Stokes): $$\frac{4\pi}{3}\rho R^3 g - kRv_{lim} = 0$$ Prin urmare: $$v_{lim} = \frac{4\pi\rho R^2 g}{3k}$$	0,25p	**0,5**
	Valoarea numerică a vitezei limită: $$v_{lim} = 8\,\mathrm{m\,s^{-1}}$$	0,25p	
B.			
a.	Pentru **Principiul al II-lea al mecanicii:** $$m\vec{a} = -kR\vec{v} + m\vec{g}$$ Pe cele două axe ale mișcării, rezultă ecuațiile de mișcare: $$\frac{4\pi}{3}\rho R^3 a_x + kRv_x = 0$$ $$\frac{4\pi}{3}\rho R^3 a_y + kRv_y = -\frac{4\pi}{3}\rho R^3 g$$	0,75p	**3,5**
	Identificăm ecuația, conform indicației: $$\frac{4\pi}{3}\rho R^3 \cdot a_x + kR \cdot v_x = 0$$ unde $m = \frac{4\pi}{3}\rho R^3$, $b = kR$, $F = 0$. Deoarece: $$v_{0x} = v_0 \cos\alpha$$ Ecuațiile care rezultă sunt: $$v_x(t) = v_0 \cos\alpha \cdot e^{-\frac{3kt}{4\pi\rho R^2}}$$ $$x(t) = v_0 \cdot \cos\alpha \cdot \frac{4\pi\rho R^2}{3k}\left(1 - e^{-\frac{3kt}{4\pi\rho R^2}}\right)$$	0,75p	
	Identificăm ecuația, conform indicației: $$\frac{4\pi}{3}\rho R^3 \cdot a_y + kR \cdot v_y = -\frac{4\pi}{3}\rho R^3 g$$ unde $m = \frac{4\pi}{3}\rho R^3$, $b = kR$, $F = -\frac{4\pi}{3}\rho R^3 g$. Deoarece: $$v_{0y} = v_0 \sin\alpha$$ Ecuațiile care rezultă sunt:	0,75p	

	$$v_y(t)=v_0\sin\alpha\cdot e^{-\frac{3kt}{4\pi\rho R^2}}-\frac{4\pi\rho R^2 g}{3k}\left(1-e^{-\frac{3kt}{4\pi\rho R^2}}\right)$$ $$y(t)=\left(v_0\sin\alpha+\frac{4\pi\rho R^2 g}{3k}\right)\cdot\frac{4\pi\rho R^2}{3k}\left(1-e^{-\frac{3kt}{4\pi\rho R^2}}\right)-\frac{4\pi\rho R^2 g}{3k}\cdot t$$		
	Punctul maxim al traiectoriei se atinge acolo unde $v_y(T)=0$, prin urmare: $$e^{-\frac{3kT}{4\pi\rho R^2}}=\frac{4\pi\rho R^2 g}{4\pi\rho R^2 g+3kv_0\sin\alpha}$$ Adică: $$T=\frac{4\pi\rho R^2}{3k}\ln\left(1+\frac{3kv_0\sin\alpha}{4\pi\rho R^2 g}\right);\ T=1\text{ s}$$	0,25p	
	La înălțimea maximă sunt valabile relațiile: $$X=x(T)=\frac{v_0^2\cdot\sin\alpha\cos\alpha}{g+\frac{3kv_0\sin\alpha}{4\pi\rho R^2}}$$ $$Y=y(T)=g\left(\frac{4\pi\rho R^2}{3k}\right)^2\left[\frac{3kv_0\sin\alpha}{4\pi\rho R^2 g}-\ln\left(1+\frac{3kv_0\sin\alpha}{4\pi\rho R^2 g}\right)\right]$$	0,50p	
	Valorile numerice ale coordonatelor punctului de maxim: $X=11{,}42\text{ m}$ $Y=8{,}00\text{ m}$	0,50p	
b.	Coordonatele și vitezele obiectului la t_c se pot determina cu ajutorul ecuațiilor descoperite la **a)**. Valorile numerice sunt: $y=4{,}57\text{ m}$ $v_x=+1{,}63\text{ m s}^{-1}$ $v_y=-5{,}71\text{ m s}^{-1}$	0,25p	**1,5**
	Energia totală a corpului în această stare este: $$E=\frac{4\pi\rho R^3}{3}\left[gy+\frac{1}{2}(v_x^2+v_y^2)\right]$$	0,50p	
	Masa de acid benzoic ce poate fi sublimată cu întreaga cantitate de energie, în condițiile problemei este: $$M=\frac{nE}{\lambda_t+\lambda_v}=n\cdot\frac{4\pi\rho R^3}{3(\lambda_t+\lambda_v)}\left[gy+\frac{1}{2}(v_x^2+v_y^2)\right]$$	0,50p	
	Valoarea numerică a masei: $M=1{,}19\text{ g}$	0,25p	
Oficiu			**1**
Total subiectul III			**10**

Barem propus de:
***Prof. dr. Gabriel FLORIAN**, Colegiul Național „Carol I”, Craiova*
***Prof. Constantin GAVRILĂ**, Colegiul Național „Sf. Sava”, București*
***Prof. Ovidiu TRIPŞA**, Colegiul Național „Dr. Ioan Meşotă”, Braşov*