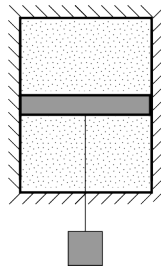


Concursul de Fizică Dragomir Hurmuzescu 2023 - Etapa națională

Sándor Bulcsú <bulcsu.sandor@ubbcluj.ro>

Problema

Un piston orizontal fără frecare, de masă și capacitate termică neglijabilă, împarte un cilindru vertical izolat în două jumătăți. Fiecare jumătate a cilindrului conține aceeași cantitate de aer la presiunea standard p_0 . O sarcină cu masa m este acum suspendată de piston, așa cum se arată în figură. Aceasta trage pistonul în jos și se oprește după câteva oscilații. Suprafața pistonului S și accelerația gravitațională g sunt cunoscute. Pistonul este considerat un bun conductor de căldură. Presupuneți că aerul este un gaz ideal.



- (a) Determinați raportul dintre energiile interne ale gazelor din cele două camere.
- (b) Ce volum ocupă în cele din urmă aerul comprimat din partea inferioară a cilindrului în raport cu volumul său inițial?
- (c) Care este raportul dintre volumul aerului comprimat din partea inferioară a cilindrului și volumul său inițial, dacă m este foarte mare?
- (d) Ce se întâmplă cu temperatura sistemului în această limită, presupunând că aerul este încă un gaz ideal?

Barem

Starea inițială a gazului (partea superioară și partea inferioară): p_0, V_0, T_0 și p_0, V_0, T_0 .

Starea finală a gazului (partea superioară și partea inferioară): p_1, V_1, T_1 , și p_2, V_2, T_1 .

(a) (2 p)

În starea finală $T_1 = T_2 = T$:

$$p_1 V_1 = \nu R T, \quad p_2 V_2 = \nu R T \quad \Rightarrow \quad p_1 V_1 = p_2 V_2 \quad (1)$$

unde $V_1 = (V_0 + \Delta V)$, $V_2 = (V_0 - \Delta V)$.

Energia internă în starea finală:

$$U_1 = \nu C_V T_1 = \frac{i}{2} p_1 V_1 \quad U_2 = \nu C_V T_2 = \frac{i}{2} p_2 V_2, \quad \Rightarrow \quad \frac{U_1}{U_2} = \frac{T_1}{T_2} = 1 \quad (2)$$

(b) ~~(4 p)~~ (3 p)

Equilibrul mecanic:

$$(p_2 - p_1)S = mg \quad (3)$$

Principiul întâi al termodinamicii pentru sistemul complet:

$$\Delta U = Q + L = -\Delta E_p, \quad \Rightarrow \quad mg\Delta h = U_1 + U_2 - 2U_0 \quad (4)$$

unde $\Delta h S = \Delta V$ și $U_0 = \nu C_V T_0 = \frac{i}{2} p_0 V_0$.

Din ecuațiile (1), (3), (4):

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{-5p_0 S + \sqrt{25p_0^2 S^2 + 35m^2 g^2}}{7mg} \quad (5)$$

(c) (2 p)

Dacă m este foarte mare

$$\beta = \frac{p_s S}{mg} \rightarrow 0 \quad (6)$$

raportul volumelor devine constant:

$$\alpha = \lim_{\beta \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{V_0} = \sqrt{\frac{5}{7}} \quad (7)$$

(d) (2 p)

Temperatura va diverge:

$$p_0 V_0 = \nu R T_0, \quad p_1 V_1 = \nu R T \quad \Rightarrow \quad T = T_0 \frac{mg}{p_0 S} \frac{1 - \alpha^2}{2\alpha} \quad (8)$$

$$\lim_{\beta \rightarrow 0} T = \lim_{\beta \rightarrow 0} T_0 \frac{1}{\beta} \frac{(1 - \alpha^2)}{2\alpha} = +\infty \quad (9)$$



Concursul Național Studentesc de Fizică „Dragomir Hurmuzescu”
ediția a XI-a, etapa națională, Iași, 13 mai 2023
Bareme – anul II

pagina 1 din 11

Subiectul II (10 puncte)

1p – oficiu

Punctul 1. – 1,5p

Deoarece distribuția este uniformă, $\rho = \text{const.}$, densitatea de sarcină electrică se poate determina prin relația

$$\rho = \frac{Q}{V}. \quad (1) \quad \mathbf{0,5p}$$

Volumul V în care este distribuită sarcina electrică Q este volumul sferei de rază R din care se scade volumul cavității sferice de rază $R_1 = \frac{R}{2}$,

$$V = \frac{4\pi}{3} R^3 - \frac{4\pi}{3} R_1^3 = \frac{4\pi}{3} \left(R^3 - \left(\frac{R}{2} \right)^3 \right) = \frac{7\pi}{6} R^3. \quad (2) \quad \mathbf{0,5p}$$

Pe baza relației (1) densitatea de sarcină electrică este

$$\rho = \frac{6}{7\pi} \frac{Q}{R^3}. \quad (3) \quad \mathbf{0,5p}$$

Punctul 2. – 3p

Se observă că sistemul poate fi privit echivalent ca o suprapunere de două distribuții, una de densitate ρ cu sarcina distribuită în întreaga sferă de rază R iar cealaltă de densitate $-\rho$ cu sarcina distribuită în cavitatea sferică de rază $R_1 = \frac{R}{2}$.

Prin suprapunere și pe baza legii (locale) a conservării sarcinii electrice se obține situația reală, cu densitate de sarcină nulă în interiorul cavității ($\rho_c = \rho + (-\rho) = 0$) și densitate ρ în domeniul spațial în care se află distribuția ($\rho + 0 = \rho$).

0,25p

Folosind principiul superpoziției pentru intensitatea câmpului electric, în orice punct din spațiu intensitatea câmpului electric se determină prin relația

$$\vec{E}(\vec{r}) = \vec{E}_+(\vec{r}) + \vec{E}_-(\vec{r}). \quad (4)$$

$\vec{E}_+(\vec{r})$ este intensitatea câmpului electric creat de distribuția ρ iar $\vec{E}_-(\vec{r})$ este intensitatea câmpului electric creat de distribuția $-\rho$.

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, studentul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către studenți.
4. Studenții au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 1 la 10. Punctajul final reprezintă suma acestora.



Concursul Național Studentesc de Fizică „Dragomir Hurmuzescu”
ediția a XI-a, etapa națională, Iași, 13 mai 2023
Bareme – anul II

pagina 2 din 11
0,25p

Fiecare din cele două distribuții are simetrie sferică în raport cu centrul sferei corespunzătoare. Aceasta permite utilizarea legii lui Gauss sub formă globală (integrală) pentru determinarea intensității câmpului electric, prin alegerea unor suprafețe Gauss sferice $S(r)$ de rază arbitrară r , având centrul în centrul de simetrie al distribuției. În cazul distribuției pozitive aceasta se scrie

$$\oint_S \vec{da}(\vec{r}) \cdot \vec{E}_+(\vec{r}) = \frac{1}{\epsilon_0} Q_{V(S(r))}, \quad (5) \quad \mathbf{0,25p}$$

unde $Q_{V(S(r))}$ este sarcina totală din interiorul suprafeței Gauss considerate și $\vec{r}$ este vectorul de poziție al punctelor de pe suprafața $S(r)$ în raport cu centrul O al sferei de rază R .

Simetria sferică ne permite să constatăm că vectorul $\vec{E}_+(\vec{r})$ este are direcție radială în raport cu centrul de simetrie (centrul sferei în care se află distribuția), adică este normal la suprafața $S(r)$ în orice punct al acesteia. Sensul este spre exterior deoarece distribuția este de sarcină pozitivă. Putem astfel exprima fluxului câmpului electric sub forma

$$\oint_{S(r)} \vec{da}(\vec{r}) \cdot \vec{E}_+(\vec{r}) = \oint_{S(r)} da(\vec{r}) E_+(\vec{r}) = E_+(\vec{r}) \oint_{S(r)} da(\vec{r}) = E_+(\vec{r}) 4\pi r^2$$

iar legea lui Gauss (5) capătă forma

$$E_+(\vec{r}) 4\pi r^2 = \frac{1}{\epsilon_0} Q_{V(S(r))}. \quad (6) \quad \mathbf{0,25p}$$

În punctele exterioare distribuției de rază R egalitatea (6) se scrie

$$E_+(\vec{r}) 4\pi r^2 = \frac{1}{\epsilon_0} \rho \frac{4\pi}{3} R^3. \quad (7)$$

și de obține pentru $\vec{E}_+(\vec{r})$ expresia

$$\vec{E}_+(\vec{r}) = \frac{\rho R^3}{3\epsilon_0 r^3} \vec{r}. \quad (8) \quad \mathbf{0,25p}$$

În punctele interioare distribuției de rază R egalitatea (6) se scrie

$$E_+(\vec{r}) 4\pi r^2 = \frac{1}{\epsilon_0} \rho \frac{4\pi}{3} r^3. \quad (9)$$

și se obține pentru $\vec{E}_+(\vec{r})$ expresia

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, studentul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către studenți.
4. Studenții au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 1 la 10. Punctajul final reprezintă suma acestora.



Concursul Național Studentesc de Fizică „Dragomir Hurmuzescu”
ediția a XI-a, etapa națională, Iași, 13 mai 2023
Bareme – anul II

pagina 3 din 11

$$\vec{E}_+(\vec{r}) = \frac{\rho}{3\varepsilon_0} \vec{r}. \quad (10) \quad 0,25p$$

Pentru distribuția negativă putem scrie direct expresiile lui $\vec{E}_-$, făcând schimbările:

$\rho \rightarrow -\rho$, $\vec{r} \rightarrow \vec{r}_1$, $R \rightarrow R_1 = \frac{R}{2}$. Vectorul de poziție $\vec{r}_1$ este acum în raport cu centrul cavității.

În exteriorul distribuției obținem

$$\vec{E}_-(\vec{r}_1) = -\frac{\rho R_1^3}{3\varepsilon_0 r_1^3} \vec{r}_1 = -\frac{\rho R^3}{24\varepsilon_0 r_1^3} \vec{r}_1. \quad (11) \quad 0,25p$$

În interiorul distribuției

$$\vec{E}_-(\vec{r}_1) = -\frac{\rho}{3\varepsilon_0} \vec{r}_1. \quad (12) \quad 0,25p$$

Punctul P_1 se află în interiorul distribuției pozitive și în exteriorul distribuției negative.

Mai mult se constată că $\vec{E}_+(\vec{r})$ și $\vec{E}_-(\vec{r}_1)$ au aceeași direcție dar sens opus.

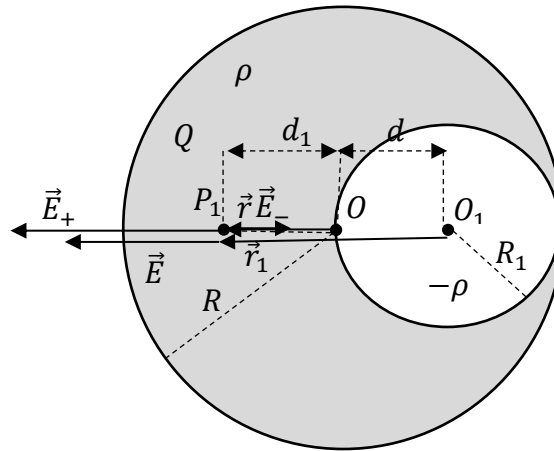


fig.1

0,25p

$$\text{Așadar } E_+ = \frac{\rho}{3\varepsilon_0} r = \frac{\rho}{3\varepsilon_0} d_1 = \frac{\rho}{6\varepsilon_0} R \text{ și } E_- = \frac{\rho R^3}{24\varepsilon_0 r_1^2} = \frac{\rho R^3}{24\varepsilon_0 (d+d_1)^2} = \frac{\rho R^3}{24\varepsilon_0 \left(\frac{R}{2} + \frac{R}{2}\right)^2} = \frac{\rho}{24\varepsilon_0} R$$

Obținem în final

$$E = E_+ - E_- = \frac{\rho}{6\varepsilon_0} R - \frac{\rho}{24\varepsilon_0} R = \frac{\rho}{8\varepsilon_0} R = \frac{3}{28\pi\varepsilon_0} \frac{Q}{R^2}. \quad (13) \quad 0,5p$$

Am folosit relația (3).

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, studentul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către studenți.
4. Studenții au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 1 la 10. Punctajul final reprezintă suma acestora.



Concursul Național Studentesc de Fizică „Dragomir Hurmuzescu”
ediția a XI-a, etapa națională, Iași, 13 mai 2023
Bareme – anul II

pagina 4 din 11

Vectorul $\vec{E}$ are direcția pe dreapta determinată de centrul sferei și centrul cavității și deoarece $E_+ > E_-$ el are sensul spre exterior în raport cu centrul sferei.

0,25p

Punctul 3 – 2p

Punctele din interiorul cavității se află atât în interiorul distribuției pozitive cât și în interiorul celei negative.

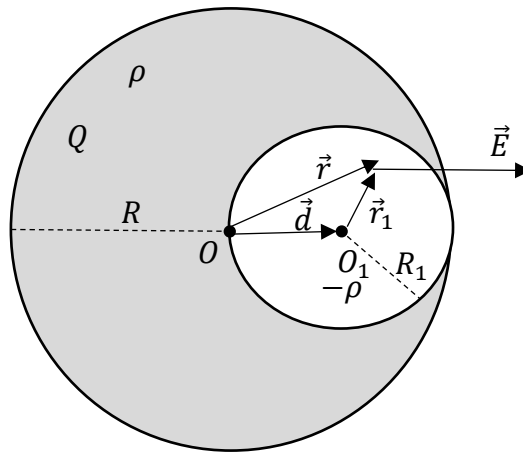


fig.2

0,25p

Putem astfel scrie

$$\vec{E}(\vec{r}) = \vec{E}_+(\vec{r}) + \vec{E}_-(\vec{r}_1) = \frac{\rho}{3\epsilon_0}\vec{r} - \frac{\rho}{3\epsilon_0}\vec{r}_1 = \frac{\rho}{3\epsilon_0}(\vec{r} - \vec{r}_1) \quad (14) \quad \mathbf{0,5p}$$

Observăm că

$$\vec{r} - \vec{r}_1 = \vec{d}, \quad (15) \quad \mathbf{0,25p}$$

unde $\vec{d}$ este vectorul de poziție al punctului O_1 în raport cu punctul O .

Astfel intensitatea câmpului electric are expresia

$$\vec{E}(\vec{r}) = \frac{\rho}{3\epsilon_0}\vec{d} = \frac{2}{7\pi\epsilon_0}\frac{Q}{R^3}\vec{d} \quad (16) \quad \mathbf{0,5p}$$

Modulul intensității câmpului electric este

$$E(\vec{r}) = \frac{2}{7\pi\epsilon_0}\frac{Q}{R^3}d = \frac{1}{7\pi\epsilon_0}\frac{Q}{R^2} \quad (17) \quad \mathbf{0,25p}$$

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, studentul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către studenți.
4. Studenții au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 1 la 10. Punctajul final reprezintă suma acestora.



Concursul Național Studentesc de Fizică „Dragomir Hurmuzescu”
ediția a XI-a, etapa națională, Iași, 13 mai 2023
Bareme – anul II

pagina 5 din 11

Direcția lui $\vec{E}$ este paralelă cu direcția determinată de dreapta ce rece prin punctele O și O_1 .
Sensul lui $\vec{E}$ este de la O spre O_1 .

Deoarece $\vec{d} = \overrightarrow{const}$, relația (16) arată că $\vec{E}(\vec{r}) = \overrightarrow{const}$, adică în interiorul cavității câmpul electric este omogen.

0,25p

Punctul 4. – 2,5p

Punctele se află pe la limita de trecere de la interior spre exterior pentru distribuția pozitivă. În acest caz este valabilă atât relația (8) cât și relația (10).

Ele coincid în această limită ($r = R$).

Punctele se află în exterior pentru distribuția negativă și în consecință folosim relația (11).

Remarcăm faptul că distribuția reală de sarcină electrică are o simetrie axială în raport cu axa determinată de dreapta OO_1 . Astfel configurația câmpului electric va fi aceeași în orice plan ce conține această axă. Este astfel suficient să determinăm intensitatea câmpului electric într-un astfel de plan ales arbitrar. În cazul nostru este suficient să determinăm intensitatea câmpului electric în punctul P_2 din figura de mai jos (fig.3).

Așadar în P_2 avem

$$E_+ = \frac{\rho}{3\epsilon_0} r = \frac{\rho}{3\epsilon_0} R \quad \text{și} \quad E_- = \frac{\rho R^3}{24\epsilon_0 r_1^2} = \frac{\rho R^3}{24\epsilon_0 (r^2 + d^2)} = \frac{\rho R^3}{24\epsilon_0 \left(R^2 + \left(\frac{R}{2}\right)^2\right)} = \frac{\rho}{30\epsilon_0} R \quad (18) \quad \mathbf{0,5p}$$

Se poate utiliza următoarea metodă de determinare a lui $\vec{E}$, în care folosim construcția din figura 3.

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, studentul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către studenți.
4. Studenții au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 1 la 10. Punctajul final reprezintă suma acestora.



Concursul Național Studentesc de Fizică „Dragomir Hurmuzescu”
ediția a XI-a, etapa națională, Iași, 13 mai 2023
Bareme – anul II

pagina 6 din 11

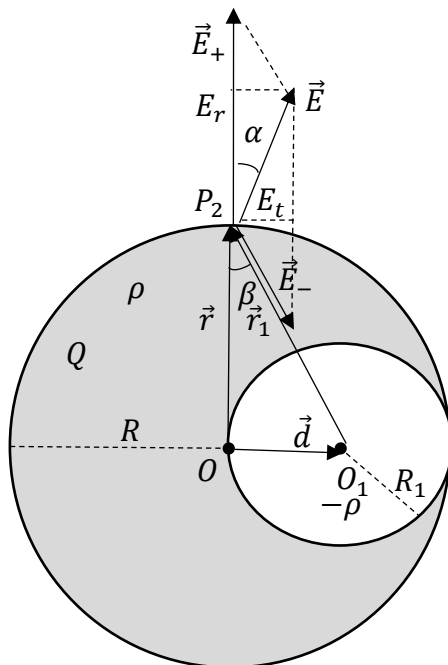


fig.3

0,25p

Se scrie ecuația $\vec{E} = \vec{E}_+ + \vec{E}_-$ în proiecție radială

$$E_r = E_{+r} + E_{-r} = E_+ - E_- \cos \beta \quad (19) \quad 0,25p$$

și în proiecție tangențială

$$E_t = E_{+t} + E_{-t} = E_- \sin \beta \quad (20) \quad 0,25p$$

$$\text{Dar } \cos \beta = \frac{r}{\sqrt{r^2 + d^2}} = \frac{R}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{R}{2}\right)^2}} = \frac{2}{\sqrt{5}} = \frac{2\sqrt{5}}{5} \text{ și } \sin \beta = \frac{d}{\sqrt{r^2 + d^2}} = \frac{\frac{R}{2}}{\sqrt{R^2 + \left(\frac{R}{2}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{5}} = \frac{\sqrt{5}}{5}.$$

$$\text{Obținem } E_r = \frac{\rho}{3\epsilon_0} R - \frac{\rho}{30\epsilon_0} R \frac{2\sqrt{5}}{5} = \frac{25 - \sqrt{5}}{75\epsilon_0} \rho R \text{ și } E_t = \frac{\rho}{30\epsilon_0} R \frac{\sqrt{5}}{5} = \frac{\sqrt{5}}{150\epsilon_0} \rho R \quad (21) \quad 0,25p$$

Se obține astfel modulul lui $\vec{E}$

$$E = \sqrt{E_r^2 + E_t^2} = \frac{\rho R}{150\epsilon_0} \sqrt{4(25 - \sqrt{5})^2 + 5} = \frac{\sqrt{101 - 8\sqrt{5}}}{30\epsilon_0} \rho R = \frac{\sqrt{101 - 8\sqrt{5}}}{35\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R^2} \quad (22)$$

0,5p

Direcția lui $\vec{E}$ se determină determinând unghiul α făcut de acesta cu direcția radială,

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, studentul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către studenți.
4. Studenții au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 1 la 10. Punctajul final reprezintă suma acestora.



Concursul Național Studentesc de Fizică „Dragomir Hurmuzescu”
ediția a XI-a, etapa națională, Iași, 13 mai 2023
Bareme – anul II

pagina 7 din 11

$$tg\alpha = \frac{E_t}{E_r} = \frac{\sqrt{5}}{2(25-\sqrt{5})} = \frac{5\sqrt{5}+1}{248} \quad (23) \quad \mathbf{0,5p}$$

Se observă că unghiul α este foarte mic și se poate face aproximația $tg\alpha \approx \alpha$, adică

$$\alpha \approx \frac{5\sqrt{5}+1}{248} rad \approx 0,049 rad = 0,049 \times \frac{360^\circ}{2\pi} \approx 2,8^\circ.$$

Barem propus de:

Lect. Univ. Dr. Iulian Negru

Departamentul de Fizică, Universitatea din Craiova

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, studentul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către studenți.
4. Studenții au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 1 la 10. Punctajul final reprezintă suma acestora.

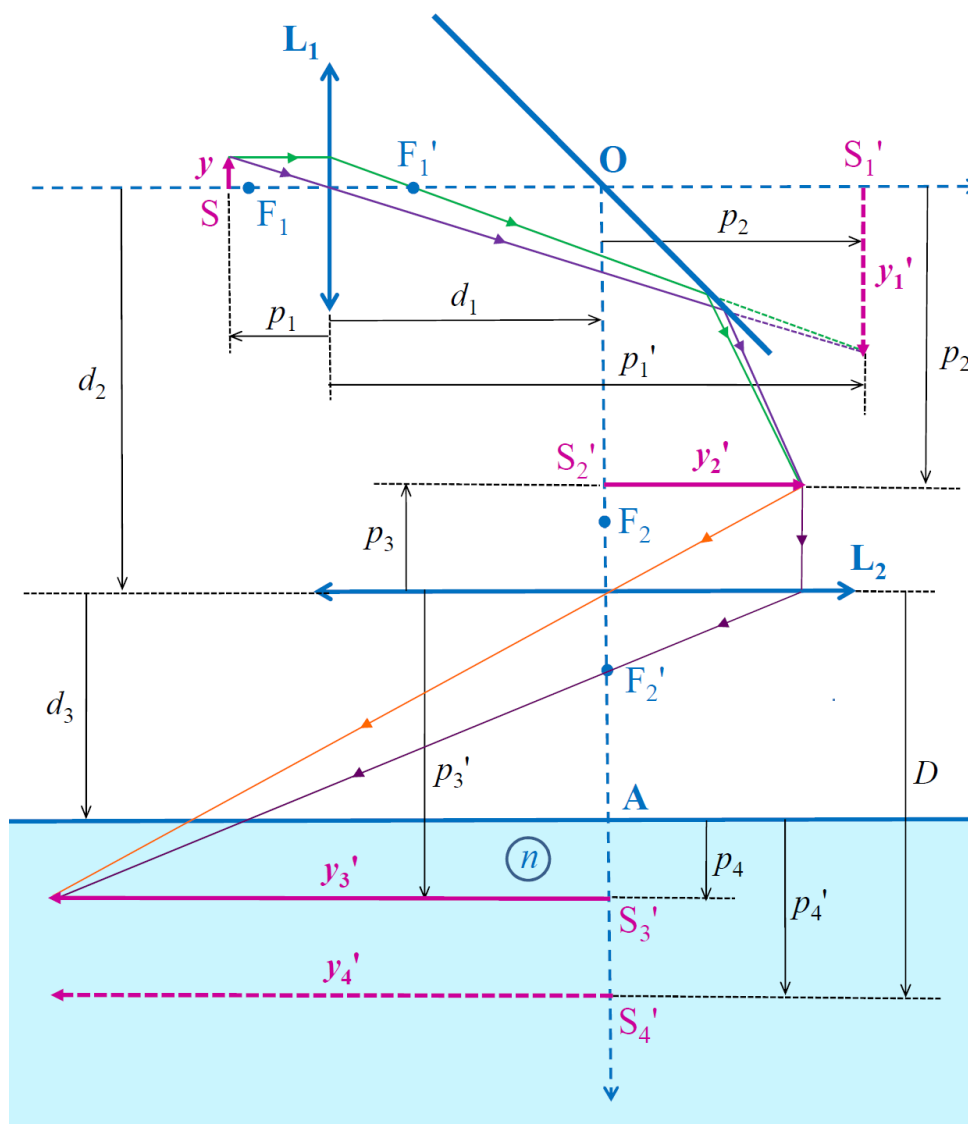


Concursul Național Studentesc de Fizică „Dragomir Hurmuzescu”
ediția a XI-a, etapa națională, Iași, 13 mai 2023
Bareme – anul II

pagina 8 din 11

Subiect III (10 puncte)

- a) Conform figurii, obiectul luminos se află pe axa optică principală a lentilei L_1 , în punctul S , la distanța $p_1 = -p = -25$ cm față de lentila L_1 .



- Lentila L_1 formează imaginea din S_1' la distanța p_1' , dată de relația:

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, studentul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către studenți.
4. Studenții au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 1 la 10. Punctajul final reprezintă suma acestora.



Concursul Național Studentesc de Fizică „Dragomir Hurmuzescu”
ediția a XI-a, etapa națională, Iași, 13 mai 2023
Bareme – anul II

pagina 9 din 11

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{p'_1} - \frac{1}{p_1}$$

$$f_1 = \frac{1}{C_1} = \frac{1}{5 \text{ m}^{-1}} = 20 \text{ cm}$$

$$p'_1 = \frac{p_1 f_1}{p_1 + f_1} = 100 \text{ cm} \quad \dots\dots\dots \textbf{0,5 puncte}$$

Înălțimea imaginii din S_1' este:

$$y'_1 = \frac{p'_1}{p_1} y = -4 \text{ cm}$$

Imaginea din S_1' este virtuală (fiind în spatele oglinzii) și răsturnată. **0,5 puncte**

- **Oglinda** formează imaginea în S_2' , la distanța p'_2 .

$$p'_2 = p_2 = p'_1 - d_1 = 50 \text{ cm} \quad \dots\dots\dots \textbf{0,5 puncte}$$

Înălțimea imaginii din S_2' este:

$$y'_2 = -\frac{p'_2}{p_2} y'_1 = -y'_1 = 4 \text{ cm}$$

Imaginea din S_2' este reală și rotită cu 270° față de obiect. **0,5 puncte**

- **Lentila L_2** formează imaginea din S_3' , la distanța p'_3 , dată de relația:

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{p'_3} - \frac{1}{p_3}$$

$$f_2 = \frac{1}{C_2} = \frac{1}{4 \text{ m}^{-1}} = 25 \text{ cm}$$

$$-p_3 = d_2 - p'_2 \Rightarrow p_3 = p'_2 - d_2 = -30 \text{ cm}$$

$$p'_3 = \frac{p_3 f_2}{p_3 + f_2} = 150 \text{ cm} \quad \dots\dots\dots \textbf{0,5 puncte}$$

Înălțimea imaginii din S_3' este:

$$y'_3 = \frac{p'_3}{p_3} y'_2 = -20 \text{ cm}$$

Imaginea din S_3' este reală și răsturnată față de cea din S_2' , iar față de obiect este rotită cu 90° **0,5 puncte**

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, studentul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către studenți.
4. Studenții au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 1 la 10. Punctajul final reprezintă suma acestora.



Concursul Național Studentesc de Fizică „Dragomir Hurmuzescu”
ediția a XI-a, etapa națională, Iași, 13 mai 2023
Bareme – anul II

pagina 10 din 11

- b) După introducerea apei, **dioptrul plan aer-apă** formează imaginea din S_4' , la distanța p_4' , dată de relația:

$$\frac{n}{p_4'} - \frac{1}{p_4} = \frac{n-1}{\infty}$$

$$p_4 = p_3' - d_3 = 75 \text{ cm}$$

$$p_4' = np_4 = 100 \text{ cm}$$

$$D = d_3 + p_4' = 175 \text{ cm} \quad \dots\dots\dots \textbf{1 punct}$$

Înălțimea imaginii din S_4' este:

$$y_4' = \frac{1}{n} \frac{p_4'}{p_4} y_3' = y_3' = -20 \text{ cm}$$

Imaginea din S_4' este virtuală, dreaptă față de cea din S_3' , iar față de obiect este rotită cu 90° . $\dots\dots\dots \textbf{1 punct}$

- c) La înlăturarea apei, pentru ca imaginea finală să se formeze tot în S_4' , trebuie ca lentila L_2 să fie deplasată. Astfel, imaginea din S_2' se va afla la o distanță p_5 față de L_2 , iar imaginea finală din S_4' se va forma la distanța p_5' față de L_2 .

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{p_5'} - \frac{1}{p_5}$$

$$p_5' - p_5 = D - p_3 \quad \Rightarrow \quad p_5' = D - p_3 + p_5 \quad \dots\dots\dots \textbf{0,5 puncte}$$

Pentru determinarea lui p_5 , obținem ecuația de gradul 2:

$$p_5^2 + (D - p_3)p_5 + f_2(D - p_3) = 0 \quad \dots\dots\dots \textbf{0.5 puncte}$$

din care rezultă soluțiile:

$$(p_5)_{1,2} = \frac{-(D - p_3) \pm \sqrt{(D - p_3)^2 - 4f_2(D - p_3)}}{2}$$

unde $D - p_3 = 205 \text{ cm}$, $f_2 = 25 \text{ cm}$.

Deci, există două poziții ale lentilei L_2 care satisfac condiția cerută:

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, studentul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către studenți.
4. Studenții au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 1 la 10. Punctajul final reprezintă suma acestora.



Concursul Național Studentesc de Fizică „Dragomir Hurmuzescu”
ediția a XI-a, etapa națională, Iași, 13 mai 2023
Bareme – anul II

pagina 11 din 11

- pentru prima poziție a lentilei L_2 :

$$(p_5)_1 = -29,1 \text{ cm} \Rightarrow (p_5)'_1 = 175,9 \text{ cm} \dots\dots\dots 0,5 \text{ puncte}$$

$$(y_5)'_1 = \frac{(p_5)'_1}{(p_5)_1} y'_2 = -24,2 \text{ cm} \dots\dots\dots 0,5 \text{ puncte}$$

Imaginea din S_2' (reală) se află între focarul obiect al lentilei L_2 și dublul distanței focale, deci imaginea finală din S_4' este reală, răsturnată și mai înaltă față de cea din S_2' . Față de obiect, imaginea finală din S_4' este rotită cu 90° .

- pentru a doua poziție a lentilei L_2 :

$$(p_5)_2 = -175,9 \text{ cm} \Rightarrow (p_5)'_2 = 29,1 \text{ cm} \dots\dots\dots 0,5 \text{ puncte}$$

$$(y_5)'_2 = \frac{(p_5)'_2}{(p_5)_2} y'_2 = -0,7 \text{ cm} \dots\dots\dots 0,5 \text{ puncte}$$

Imaginea din S_2' se află dincolo de dublul distanței focale a lentilei L_2 , deci imaginea finală din S_4' este reală, răsturnată și mai mică față de cea din S_2' . Față de obiect, imaginea finală din S_4' este rotită cu 90° .

Față de punctul O, lentila L_2 se poate afla la distanțele:

$$l_{1,2} = p'_2 - (p_5)_{1,2}$$

$$l_1 = 79,1 \text{ cm} \dots\dots\dots 0,5 \text{ puncte}$$

$$l_2 = 225,9 \text{ cm} \dots\dots\dots 0,5 \text{ puncte}$$

Barem propus de:

Lector Univ. Dr. Liliana LIGHEZAN

Facultatea de Fizică, Universitatea de Vest din Timișoara

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, studentul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către studenți.
4. Studenții au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se punctează de la 1 la 10. Punctajul final reprezintă suma acestora.