

Subiectul I (10 puncte)

A. (4p) Un fascicul de lumină cilindric, orizontal, se propagă spre suprafața interioară argintată a unei semifere, ca în *Figura I.1*. Fasciculul este paralel cu axa orizontală de simetrie a semiferei. În interiorul semiferei este introdus un ecran orizontal opac de forma unui semidisc cu raza egală cu raza sferei, $R_0 = 120\text{ cm}$. Înălțimea la care se află raza inferioară a fasciculului este $h = 20\text{ cm}$, iar înălțimea la care se află raza superioară a fasciculului este $H = 50\text{ cm}$, față de axa de simetrie a semiferei.

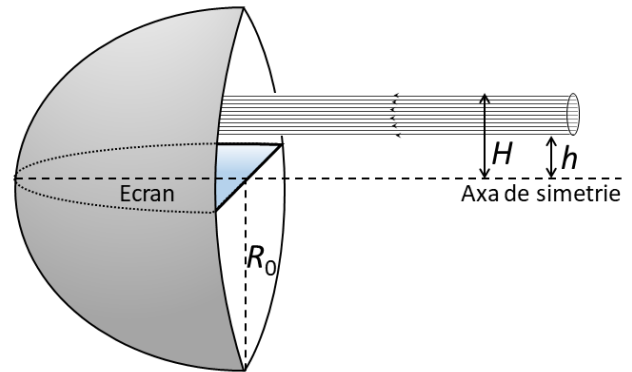


Figura I.1

a. Precizează care este forma petei de lumină care se obține pe ecranul orizontal, după reflexia fasciculului de lumină pe suprafața interioară a semiferei. Justifică răspunsul.

b. Determină dimensiunea maximă a petei de lumină obținute pe ecran.

c. Determină înălțimea maximă la care trebuie să se afle raza superioară a fasciculului de lumină pentru ca toate razele fasciculului să se reflecte o singură dată pe suprafața interioară a semiferei.

B. (6p) Un fascicul cilindric de lumină monocromatică se propagă pe direcție orizontală spre baza unui con transparent cu indicele de refracție $n = 1,41 (\cong \sqrt{2})$ și cu deschiderea unghiulară $2\alpha = 120^\circ$, ca în *Figura I.2*. Indicele de refracție al aerului este $n_{\text{aer}} \cong 1$. Raza fasciculului cilindric este egală cu raza bazei conului, $R_0 = 4\text{ cm}$. Fasciculul de lumină emergent este proiectat pe un ecran printr-o lentilă convergentă cu distanța focală $f = 20\text{ cm}$. Imaginea obținută pe ecran are forma unui inel circular.

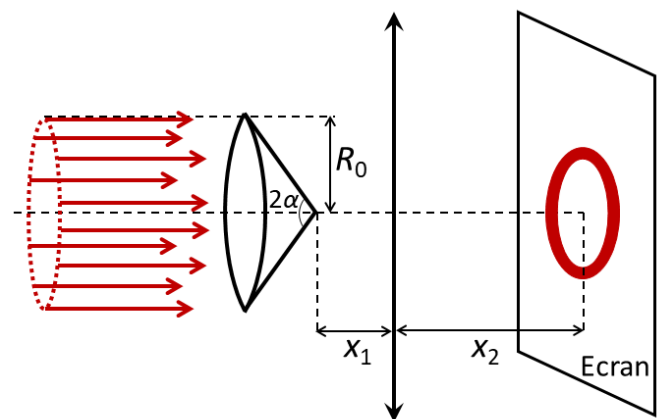


Figura I.2

a. Se fixează ecranul la distanța $x_2 = 35\text{ cm}$ față de lentilă. Reprezintă pe același grafic raza interioară și raza exterioară a inelului în funcție de distanța x_1 dintre vârful conului și lentilă, $R_i = R_i(x_1)$ și respectiv $R_e = R_e(x_1)$, pentru $x_1 \in [0, 2f]$.

b. Se fixează conul la distanța $x_1 = 25\text{ cm}$ față de lentilă. Reprezintă pe același grafic raza interioară și raza exterioară a inelului în funcție de distanța x_2 dintre lentilă și ecran, $R_i = R_i(x_2)$ și respectiv $R_e = R_e(x_2)$, pentru $x_2 \in [0, 2f]$.

1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul 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 elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.



MINISTERUL EDUCAȚIEI
Olimpiada Națională de Fizică
Brașov 21-26 aprilie 2024



Pagina 2 din 4

Proba teoretică

Clasa a X-a

Subiectul II (10 puncte)

A. (6,5p) Un cilindru cu piston (figura II.1), este împărțit în două compartimente prin intermediul unui perete mobil M , care poate aluneca liber, fără frecare în interiorul cilindrului.

Compartimentul (I) al cilindrului este delimitat între baza B a cilindrului și peretele mobil M și conține $\nu = 1,00 \text{ mol}$ de vapori de apă.

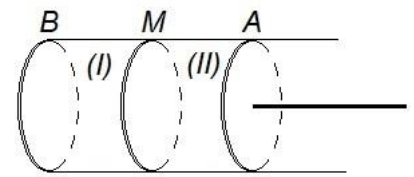


Figura II.1

Compartimentul (II) este delimitat în cilindru de peretele mobil M și de pistonul mobil A . Acest compartiment conține $\nu = 1,00 \text{ mol}$ de azot gazos (N_2).

Peretele mobil M , pistonul mobil A și cilindrul sunt bune conductoare termice. Consideră că peretele mobil M nu permite schimbul de masă între cele două compartimente. De asemenea, consideră că pistonul mobil A nu permite schimbul de masă între compartimentul (II) și mediul exterior.

În starea inițială, volumul total ocupat de azotul gazos și de vaporii de apă este V_0 , presiunea din fiecare din cele două compartimente este $p_1 = 0,50 \text{ atm}$, iar temperatura din fiecare din cele două compartimente este $T_1 = 373 \text{ K}$.

Pistonul A începe să se deplaseze lent, comprimând azotul gazos și vaporii de apă, într-un proces cvasistatic și izoterm, până la volumul total final $V_0/8$.

Consideră că volumul specific al apei este neglijabil în comparație cu volumul specific al vaporilor de apă la aceeași temperatură. Ai în vedere că la temperatura $T_1 = 373 \text{ K}$, presiunea vaporilor saturați de apă este de o atmosferă. Presupune că atât azotul gazos, cât și vaporii de apă pot fi considerați gaze ideale. Ține cont că $1 \text{ atm} = 1,01 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ și că valoarea constantei universale a gazelor ideale este $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

a. Trasează o schiță $p = p(V)$, a dependenței presiunii p de volumul total V din cilindru, volum delimitat de pistonul A și de baza B a cilindrului, la temperatura constantă T_1 . Marchează pe schiță parametrii de stare relevanți pentru sistemul analizat.

b. Dedu expresia lucrului mecanic efectuat de piston, în procesul de comprimare, de la volumul total inițial V_0 până la volumul total final $V_0/8$. Calculează valoarea acestui lucru mecanic.

B. (3,5p) Această problemă îți propune să analizezi o modalitate de a determina experimental valoarea căldurii latente specifice de vaporizare a azotului.

În laboratorul de fizică, Mihai pune pe talerul unei balanțe un vas care conține azot lichid și, alături de acest vas, el așază o bară de metal. Temperatura aerului din incinta laboratorului, a barei metalice de pe talerul balanței și a peretelui exterior al vasului în care se află azotul este de 300 K .

Urmărind evoluția în timp a indicației balanței Mihai notează, în tabelul II.1, datele experimentale obținute. Scăderea valorii masei m , indicate de balanță se datorează faptului că azotul din vas se vaporizează. În cursul prelevării datelor experimentale, la un moment dat, Mihai introduce bara de metal în azotul lichid.

Tabelul II.1

$m(\text{g})$	153,0	152,0	151,0	150,0	149,0	148,0	130,6	129,6	128,6	127,6	126,6	125,6
$t(\text{s})$	0,0	36,8	79,1	120,7	160,5	203,1	331,8	381,6	457,3	488,6	540,9	594,6

1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul 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 elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.

Bara de metal are masa de $18,8\text{ g}$. Între temperatura camerei și temperatura de vaporizare a azotului, căldura specifică a metalului din care este confecționată bara variază semnificativ cu temperatura. În figura II.2 este reprezentată dependența de temperatură $c = c(T)$ a căldurii specifice a metalului folosit de Mihai în experiment. Consideră că la presiune atmosferică normală, azotul se vaporizează la temperatura de 77 K .

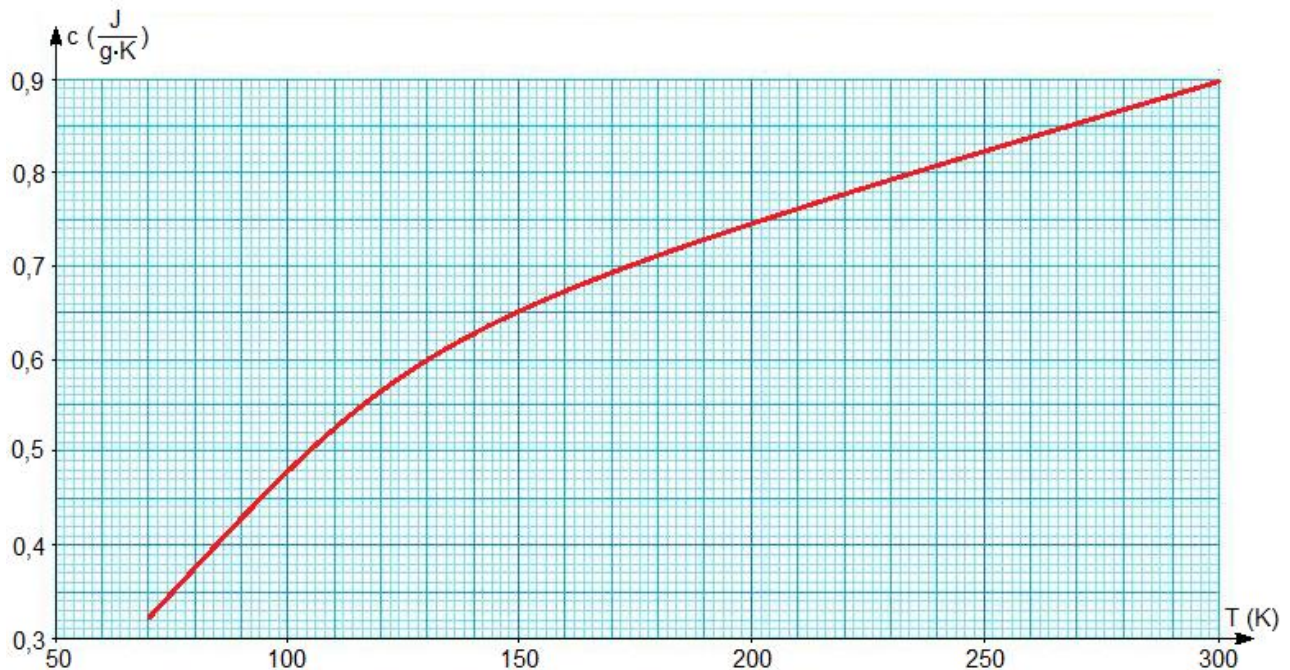


Figura II.2

- a. Reprezintă grafic dependența de timp a masei indicate de balanță $m = m(t)$. Trasează această dependență pe foaia de hârtie milimetrică denumită „Subiectul II Partea B - Clasa a X-a”, ce ți-a fost furnizată.
- b. Estimează valoarea căldurii latente specifice de vaporizare a azotului.

1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul 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 elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.

Subiectul III (10 puncte)

A. (5p) Profilul din figura III.1 constă într-o pantă descendentă AB care se continuă cu arcul de cerc BC racordat cu arcul de cerc CD. Cele două arce de cerc au fiecare raza R . Se știe că în punctul de racord tangenta δ la cele două arce este comună. Pe acest contur se deplasează fără frecare un corp punctiform de masă m .

a. Determină înălțimea minimă de la care trebuie eliberat corpul punctiform pentru ca, la un moment dat, să se desprindă de profil.

b. De la ce înălțime trebuie eliberat corpul pentru ca în urma desprinderii să atingă din nou profilul într-un punct care se găsește la aceeași înălțime ca și punctul de desprindere?

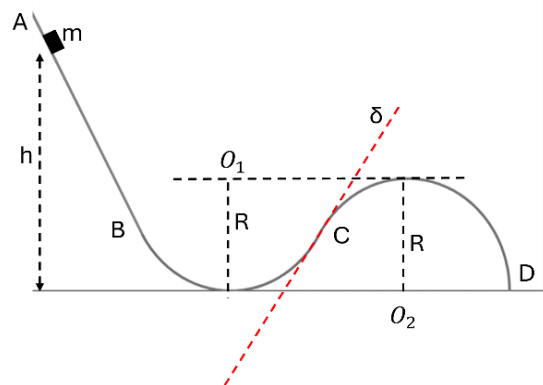


Figura III.1

B. (4p) O pompă de căldură funcționează conform transformării ciclice din figura III.2 unde $T_2 = T_4 = 2T_1$, $T_3 = 4T_1$ și substanța de lucru este un gaz ideal biatomic ($C_V = \frac{5}{2}R$).

a. Determină eficiența pompei de căldură.

Pompa de căldură este utilizată pentru a menține o temperatură constantă într-o încăpere, furnizându-i într-o oră căldura $Q = 340 \text{ kJ}$. Lucrul mecanic necesar funcționării pompei de căldură este efectuat de un motor electric.

b. Calculează lucrul mecanic efectuat de motorul electric în timp de o oră.

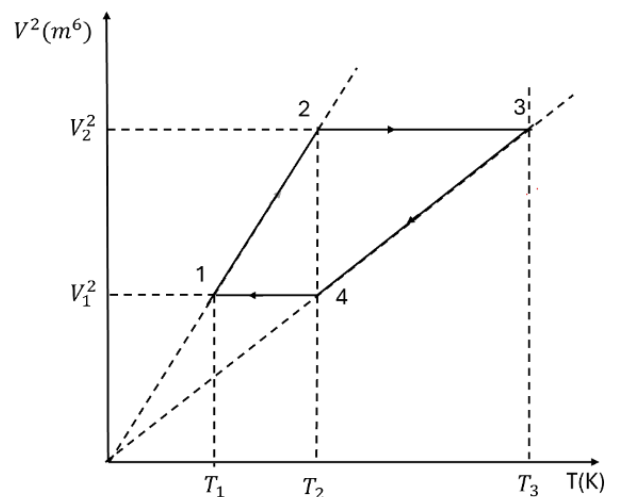


Figura III.2

C. (1p) Gruparea paralel din figura III.3 este formată din două rezistoare cu rezistențele electrice constante R_1 și R_2 . Utilizând următoarele ipoteze:

- i) $I = I_1 + I_2$ (consecință a legii conservării sarcinii electrice),
 - ii) intensitatea curentului electric se distribuie prin cei doi rezistori astfel încât puterea electrică disipată pe grupare să fie minimă,
 - iii) puterea electrică disipată într-un rezistor cu rezistența electrică R , parcurs de curentul electric cu intensitatea I , este $P = RI^2$,
- demonstrează relația $I_1 R_1 = I_2 R_2$.

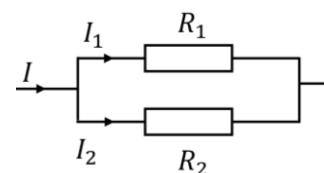


Figura III.3

Subiecte propuse de:

Prof. dr. DAVIDESCU Delia , *Liceul Internațional de Informatică, București*
 Prof. dr. DOBROTĂ Costin-Ionuț, *Colegiul Național „Dimitrie Cantemir”, Onești*
 Prof. PAVĂL Cristina, *Colegiul Național „Sfântul Sava”, București*
 Prof. SOLSCHI Viorel, *Colegiul Național „Mihai Eminescu”, Satu Mare*

1. Fiecare dintre subiectele I, II, respectiv III se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul 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 elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare subiect se notează de la 10 la 0 (fără punct din oficiu). Punctajul final este suma acestora.