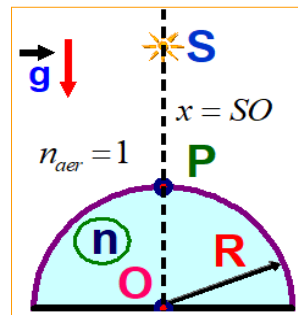


Subiectul I

I.A. – Iluminare maximă, pe o pată circulară de diametru minim (4 puncte)

Deasupra unei emisfere omogene și transparente, confecționată din sticlă cu indicele de refracție $n = 3/2$ și rază de curbură $R = 30$ cm, pe axa de simetrie, în exterior, se află o sursă de lumină punctiformă S (vezi figura). În exteriorul emisferei se află aer (cu indicele de refracție $n_{\text{aer}} = 1$). Suprafața plană a emisferei este opacă.



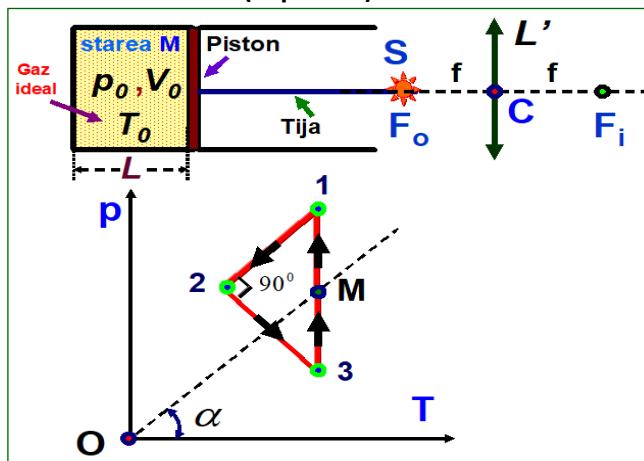
a) Să se determine distanța $x = SO$ (unde O este centrul sferei din care a provenit emisfera), știind că **raza petei luminoase**, circulare (R_0) de pe fața opacă (ce se comportă ca un ecran de proiecție) **are valoarea minimă posibilă**. Să se determine valoarea minimă a razei petei ($R_{\min} = ?$).

b) Să se calculeze valoarea lui x pentru care raza petei luminoase este $R_0 = 1,25 \cdot R_{\min}$. Să se analizeze rezultatele obținute.

c) Se așază sursa de lumină S pe axa de simetrie la înălțimea $a = (\sqrt{2} - 1) \cdot R$ deasupra polului P al emisferei. În spațiul din jurul emisferei, se toarnă treptat, un lichid omogen și transparent, cu indicele de refracție $n_l = 4/3$. Când înălțimea lichidului devine h , în interiorul zonei în care inițial era umbră, apare un inel circular luminos subțire. Să se determine **înălțimea** h a stratului de lichid din jurul emisferei.

I.B. – Transformare termodinamică ciclică, „asistată” de o lentilă (5 puncte)

În interiorul cilindrului cu piston se află închisă o masă constantă de gaz ideal. Pe tija pistonului, la capătul din dreapta, este fixată o sursă luminoasă punctiformă S (vezi figura!). În prelungirea tijei, considerată și ca ax optic principal, se află o lentilă convergentă subțire L' , cu distanța focală f . În starea inițială, distanța de la piston la fundul cilindrului este L , iar distanța de la sursa S la lentilă (C fiind centrul optic al lentilei) este chiar f . Gazul din interiorul



cilindrului parcurge succesiunea de stări $M \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow M$ reprezentată în partea de jos a figurii, printr-un **triunghi dreptunghic isoscel**, cu una dintre catete (1-2) paralelă cu prima bisectoare a planului cartezian TOp , respectiv cealaltă catetă (2-3) paralelă cu a doua bisectoare a planului cartezian TOp , ipotenuza (3-1) fiind paralelă cu axa presiunilor Op . Unghiul dreptei ce trece prin origine și prin mijlocul M al ipotenuzei, este $\alpha = 45^\circ$. Parametrii de stare ai stării inițiale a gazului,

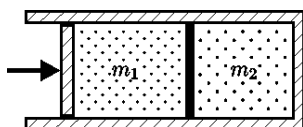
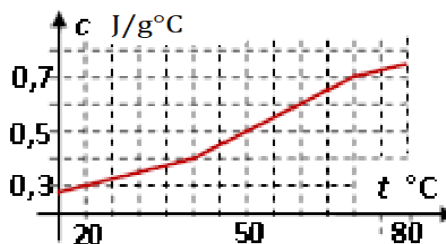
1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele a, b, respectiv c.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.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

corespund punctului M din centrul ipotenuzei, vor fi notați: $T_0 \rightarrow$ temperatura absolută a gazului, $p_0 \rightarrow$ presiunea gazului și $V_0 \rightarrow$ volumul gazului. Distanța MO este de k ori mai mare decât lungimea catetei triunghiului dreptunghic isoscel 1-2-3 (unde $k > 1$). Aflați mulțimea tuturor punctelor imagine (*reale* sau *virtuale*) ale sursei S, prin lentilă, în timp ce gazul parcurge ciclul $M \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow M$. Pe tot parcursul transformării ciclice suferite de gazul ideal din interiorul cilindrului, atât cilindrul cât și lentila L' sunt considerate imobile. Se cunosc mărimile fizice: L , k , $f [> L/(k-1)]$ și $\alpha = 45^\circ$.

Subiectul II

1. O substanță oarecare are căldura specifică dependentă de temperatură. De aceea, la încălzirea unui corp cu masa $m = 1 \text{ kg}$, făcut din această substanță, de la 0°C până la o temperatură $0^\circ\text{C} < t < 40^\circ\text{C}$ căldura pe care trebuie s-o primească corpul se exprimă prin relația $Q(t) = \frac{Q_0}{2t_0^2} t(2t_0 + t)$, unde $t_0 = 5^\circ\text{C}$ și $Q_0 = 4 \text{ kJ}$. Cât este căldura specifică a acestui corp la 0°C ? Deduceți o formulă care descrie dependența de temperatură a căldurii specifice a substanței respective, în domeniul de temperaturi dat mai sus.

2. Într-un calorimetru ușor se află $m_1 = 500 \text{ g}$ dintr-un lichid mai deosebit, a cărui căldură specifică depinde de temperatură. Această dependență este reprezentată pe graficul alăturat. Temperatura lichidului este 20°C . În calorimetru se pune un corp cu masa $m_2 = 275 \text{ g}$ dintr-un material cu căldura specifică $c_2 = 3 \text{ J/g} \cdot ^\circ\text{C}$ și temperatură $t_2 = 80^\circ\text{C}$. Să se determine temperatura conținutului calorimetrului după stabilirea echilibrului termic. Capacitatea calorică a calorimetrului și schimbul de căldură dintre conținutul său și mediul exterior se neglijează.



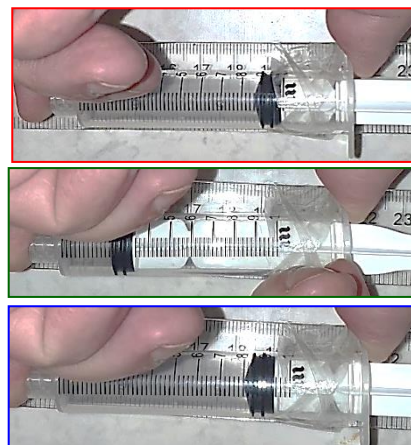
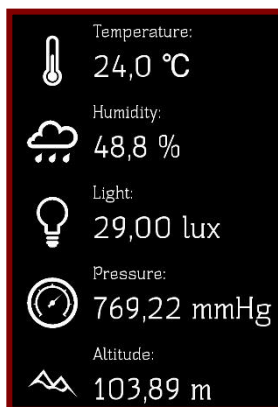
3. Un gaz ideal monoatomic se află într-un cilindru imobil, izolat termic. Cilindrul este împărțit în două părți printr-un perete imobil, termoconductor, iar în stânga este închis cu un piston mobil care nu conduce căldura (vezi figura!). Masa gazului în compartimentul din stânga este m_1 , iar în cel din dreapta, m_2 . Presiunea pe piston crește lent, începând de la o valoare inițială oarecare. Să se afle căldura molară a gazului din compartimentul din stânga cilindrului, în procesul descris.

1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele a, b, respectiv c.
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 punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.

Subiectul III

III.A. – Determinări experimentale pentru transformări simple ale gazului ideal (6 puncte)

Un grup de elevi își propune studiul unor transformări termodinamice simple ale unui gaz ideal folosind drept dispozitiv de lucru o seringă cu volumul maxim $V_0 = 10\text{ml}$ în care se izolează o cantitate de aer prin obturarea (cu degetul) capătului deschis al seringii (vezi figurile alăturate!). Dispozitivul experimental conține și o riglă gradată cu ajutorul căreia se poate determina lungimea coloanei de aer din corpul seringii. Elevii își propun modul de lucru descris în continuare.



Mod de lucru:

- Se măsoară, cu ajutorul smartphone – ului temperatura aerului (temperatura mediului ambiant) și presiunea atmosferică (vezi imaginea alăturată corespunzătoare).
- Se izolează aerul din corpul seringii. Se comprimă, rapid, aerul cu ajutorul pistonului, iar apoi se lasă liber pistonul până când acesta se oprește (destindere maximă în contextul dat). Se fac măsurătorile următoare:
 - lungimea coloanei de aer din corpul seringii după comprimare, $L_{\text{comprimare}}$;
 - lungimea coloanei de aer din corpul seringii după destinderea aerului, $L_{\text{destindere}}$;
 - lungimea coloanei de aer din corpul seringii în starea inițială (la presiune atmosferică), $L_{\text{inițial}}$.

Datele obținute se regăsesc în tabelul următor:

$L_{\text{destindere}} / \text{cm}$	$L_{\text{inițial}} / \text{cm}$	$L_{\text{comprimare}} / \text{cm}$	p_1 / mmHg
4,50	4,80	1,26	
3,35	3,75	1,00	
2,46	2,73	0,81	

- Cunoscând masa molară a aerului ca fiind $\mu \cong 29 \text{ g/mol}$ și corpul seringii ca fiind un cilindru circular drept, determină, pentru măsurătoarea corespunzătoare volumului maxim de aer din corpul seringii, V_0 , masa m a aerului închisă în acest volum.
- Considerând aerul ca fiind un gaz biatomic completează tabelul cu valorile corespunzătoare ale presiunii p_1 din corpul seringii, la comprimare maximă.
- Destinderea aerului determină mișcarea cu frecare a pistonului seringii. Consideră că în timpul procesului căldura molară a aerului nu se schimbă și acesta are loc cu respectarea legii $p \cdot V^k = \text{constant}$ (unde p este presiunea aerului, V este volumul aerului, iar k este un indice). Determină expresia matematică a forței de frecare la alunecare dintre pistonul seringii și pereții

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



vasului, considerând că aceasta nu se schimbă în timpul procesului de destindere, în funcție de datele măsurate, de k , respectiv de exponentul adiabatic γ . Reprezintă grafic, calitativ, folosind același sistem de axe de coordonate, presiunea p a aerului izolat în corpul seringii în funcție de volumul acestuia V , $p = f(V)$, atât pentru procesul de comprimare, cât și pentru cel de destindere. Argumentează răspunsurile date.

- d) În contextul modelului teoretic precizat anterior, deduce expresia matematică pentru determinarea indicelui k .

Se cunosc valorile mărimilor fizice: $\rho_{Hg} = 13.600 \text{ kg/m}^3$, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$, $R = 8,31 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$.

III.B. Randamentul unui ciclu cu trei procese termodinamice (3 puncte)

Un gaz ideal biatomic este supus unei transformări ciclice $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1$, cuprinzând trei procese politropice caracterizate în ordine de exponenții politropici $k_1 = 1$, $k_2 = 2$, $k_3 = 1,4$. Cunoscând raportul de destindere în primul proces politrop $n = V_2/V_1 = 3$, $C_V = 5R/2$, unde R este constanta universală a gazelor perfecte, determină randamentul ciclului.

Subiecte propuse de:

prof. Victor STOICA, Inspectoratul Școlar al Municipiului București;

prof. Liviu ARICI, Colegiul Național „Nicolae Bălcescu” din Brăila;

prof. Dumitru ANTONIE, Colegiul Tehnic nr.2 din Târgu – Jiu.

-
1. Fiecare dintre subiectele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe o foaie separată care se secretizează.
 2. În cadrul unui subiect, elevul are dreptul să rezolve în orice ordine cerințele a, b, respectiv c.
 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 punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.