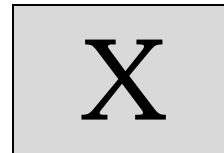




OLIMPIADA NAȚIONALĂ DE FIZICĂ
Bacău 2022
Proba teoretică



Problema 1. Lentile și lame

(10 puncte)

A. Lentile (5p)

Două lentile sferice subțiri L_1 și L_2 , **biconvexe**, **simetrice**, au dimensiuni identice dar sunt confecționate din materiale diferite. Dacă se realizează din cele două lentile coaxiale un sistem afocal, în ordinea $L_1 - L_2$, acesta mărește, de $|\beta| = 3$ ori, diametrul unui fascicul de raze paralele cu axa optică principală (**aop**).

Cu cele două lentile se realizează un sistem coaxial de lentile lipite. Un creion așezat perpendicular pe **aop** este apropiat de sistemul de lentile cu viteza constantă $v = 20$ mm/s.

- Deduceți expresia vitezei imaginii creionului u , în funcție de viteza obiectului v și de mărirea liniară transversală momentană β_0 , $u = u(v, \beta_0)$;
- Exprimați distanța focală a sistemului celor două lentile lipite F_0 , în funcție de distanța focală a primei lentile f_{01} și de mărirea sistemului afocal β ;
- Ce viteză are imaginea creionului în momentul în care se află față de sistemul de lentile la o distanță egală cu dublul distanței focale a primei lentile?

Observație: dacă considerați necesar vă puteți folosi de faptul că pentru variații mici: $\Delta(x_1 x_2) = x_2 \Delta x_1 + x_1 \Delta x_2$ și $\Delta(ax) = a \Delta x$, unde $a = ct$.

Se scufundă în glicerină lentilele precedente. Distanța focală a primei lentile crește de $k_1 = 3$ ori, iar a celei de a doua de $k_2 = 5$ ori. Lentilele se secționează după axa de simetrie perpendiculară pe aop, obținându-se, pentru fiecare, două lentile plan-convexe. Prin lipirea fețelor plane a câte unei jumătăți din fiecare lentilă, se formează o nouă lentilă biconvexă.

- Care este raportul dintre convergențele unei astfel de lentile aflată în glicerină, respectiv în aer?

B. Lame omogene și neomogene (5p)

1. O rază laser este tangentă la suprafața laterală a unei lame cu fețe plane și paralele, de grosime $e = 8$ mm și indice de refracție constant, aflată în mediul cu indicele de refracție $n_0 = 1,5$. Raza părăsește lama sub unghiul $\alpha = 30^\circ$ ca în **fig. 1**. Determinați:

- Indicele de refracție al lamei;
- Coordonata x_B a punctului prin care raza părăsește lama.

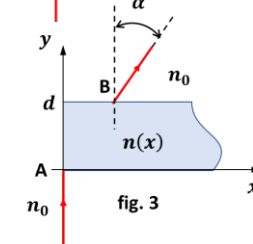
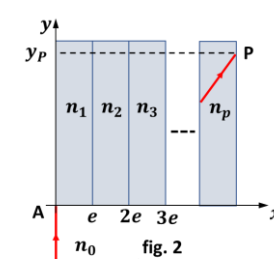
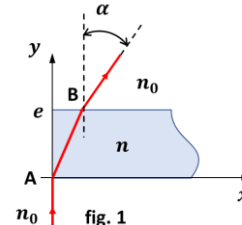
2. Un set de lame transparente, de aceeași grosime $e = 1,20$ mm sunt lipite una lângă alta, ca în **fig.2**. Lamele au indicele de refracție constant dar, diferit de la o lamă la alta, după relația $n_r = \frac{kn_0}{k-r}$, unde $n_0 = 1,2$ este indicele de refracție al mediului exterior lamelor,

$k = 136$, iar r – numărul lamei (de exemplu, $n_3 = \frac{136n_0}{133}$). O rază laser este tangentă la suprafața primei lame cu fețe plane și paralele.

- Determinați expresia variației $\Delta y_{p,p-1}$, a coordonatelor y ale punctelor de incidență, respectiv, emergență din lama $p = 16$.

3. O rază laser este tangentă la suprafața laterală a unei lame cu fețe plane și paralele al cărei indice de refracție variază după legea $n(x) = \frac{n_0}{1-\frac{x}{a}}$, unde $n_0 = 1,2$ este indicele de refracție al mediului exterior lamei, iar $a = 130$ mm. Raza părăsește lama sub unghiul $\alpha = 30^\circ$ ca în **fig. 3**. Determinați:

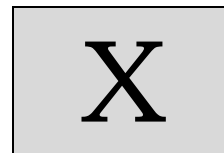
- Coordonata x_B a punctului B;



- Fiecare dintre problemele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe câte o foaie separată care se secretizează.
- În cadrul unei probleme, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
- 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 problemă se notează cu 10 puncte. Punctajul final reprezintă suma acestora.



OLIMPIADA NAȚIONALĂ DE FIZICĂ
Bacău 2022
Proba teoretică



- e. Forma traiectoriei razei de lumină prin lamă și precizați parametrii geometrici specifici formei deduse;
- f. Grosimea lamei, d .

Problema 2. Mașini termice

(10 puncte)

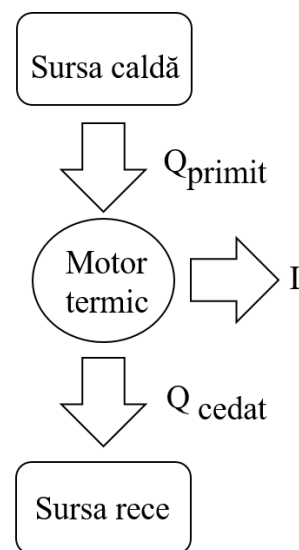
Una dintre cele mai întâlnite transformări ciclice utilizate în sistemele de răcire este ciclul Brayton. Un astfel de sistem folosește un gaz ideal cu exponentul adiabatic γ supus unei transformări ciclice compusă dintr-o comprimare adiabatică (1-2), urmată de o destindere izobară (2-3) continuată cu o destindere adiabatică (3-4) și o comprimare izobară (4-1) până la revenirea în starea inițială.

Ne propunem să studiem această transformare ciclică în vederea utilizării sale ca motor termic, sau la parcurgerea acesteia în sens invers, ca pompă de căldură sau ca mașină frigorifică.

A. Motorul Brayton (5 p)

- a) Reprezintă transformarea descrisă anterior în coordonate p-V;
- b) Calculează randamentul η al acestui motor în funcție de exponentul adiabatic al gazului utilizat, γ și de raportul $\rho = \frac{p_{max}}{p_{min}}$, unde p_{max} și p_{min} sunt presiunile maximă, respectiv minimă ale gazului în procesul ciclic.
- c) Două asemenea motoare termice cu randamentele η_1 și η_2 sunt legate în serie astfel încât căldura cedată sursei reci de către primul motor este egală cu căldura primită de cel de-al doilea motor.

Scrie relația dintre randamentul η_s al sistemului descris și randamentele celor două motoare η_1 și η_2 .



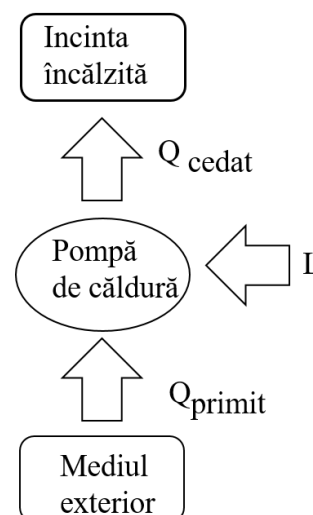
B. Pompa de căldură (2,50 p)

O măsură a performanței unei pompe de căldură este COP_p (coeficientul de performanță al pompei de căldură). Acesta este definit ca raportul dintre căldura ce pătrunde în incinta de încălzit și lucrul mecanic net efectuat în acest scop:

$$COP_p = \frac{|Q_{cedat}|}{|L|}$$

Considerăm o pompă de căldură care funcționează după ciclul Brayton descris anterior, dar inversat: destindere izobară (1-4), comprimare adiabatică (4-3), comprimare izobară (3-2) și destindere adiabatică (2-1) până în starea inițială.

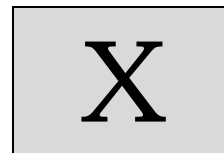
- d) Calculează coeficientul de performanță al pompei de căldură în funcție de γ și ρ .



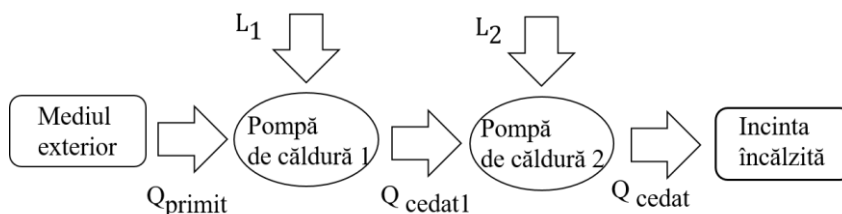
1. Fiecare dintre problemele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe câte o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unei probleme, elevul are dreptul să rezolve cerințele în orice ordine.
3. Durata probei este de 3 ore din momentul în care s-a terminat distribuirea subiectelor către elevi.
4. Elevii au dreptul să utilizeze calculatoare de buzunar, dar neprogramabile.
5. Fiecare problemă se notează cu 10 puncte. Punctajul final reprezintă suma acestora.



OLIMPIADA NAȚIONALĂ DE FIZICĂ
Bacău 2022
Proba teoretică



- e) Două pompe de căldură cu coeficienții de performanță COP_{p1} și COP_{p2} sunt legate în serie astfel încât căldura cedată de prima este preluată de a doua.



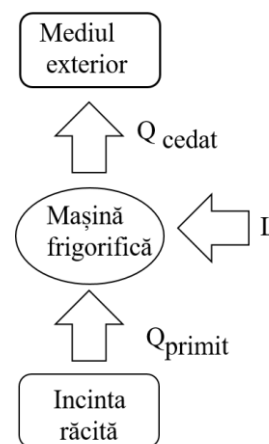
Calculează COP_{ps} al sistemului.

C. Mașina frigorifică (2,50 p)

Și în cazul mașinii frigorifice se utilizează COP_f (coeficientul de performanță a mașinii frigorifice). Acesta se definește ca raportul dintre căldura preluată din incinta răcită și lucrul mecanic net efectuat în acest scop:

$$COP_f = \frac{Q_{primit}}{|L|}$$

- f) Calculează coeficientul de performanță COP_f al unei mașini frigorifice care funcționează după un ciclu Brayton în funcție de γ și ρ .
- g) Stabilește relațiile dintre COP_p , COP_f și η considerând că cele trei sisteme funcționează cu aceiași parametri ρ și γ .



Problema 3. Transferul căldurii

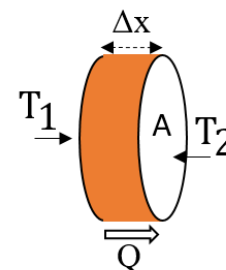
(10 puncte)

În această problemă vom analiza transferul de căldură prin conducție. Acest proces este descris de legea lui Fourier:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x}, \quad (1)$$

unde:

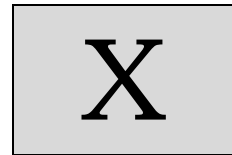
- I este intensitatea curentului termic,
- $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ este cantitatea de căldură care trece printr-o secțiune transversală a conductorului termic în unitate de timp,
- k este conductivitatea termică a materialului,
- A este aria secțiunii transversale
- ΔT este variația de temperatură de pe cele două secțiuni transversale aflate la distanța Δx , unde $\frac{\Delta T}{\Delta x}$ este gradientul de temperatură pe direcția de propagare a căldurii.



1. Fiecare dintre problemele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe câte o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unei probleme, 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 problemă se notează cu 10 puncte. Punctajul final reprezintă suma acestora.

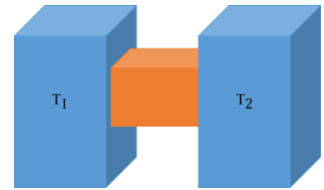


OLIMPIADA NAȚIONALĂ DE FIZICĂ
Bacău 2022
Proba teoretică



A. (7 p)

- a) O bară din cupru cu secțiunea pătrată având latura $a = 10$ cm și lungimea $l = 20$ cm face legătura între două rezervoare termice. Primul rezervor este păstrat la $T_1 = 100$ °C, iar în al doilea se găsește apă cu gheață la $T_2 = 0$ °C. După ce s-a stabilit curgerea staționară *calculează* intervalul de timp în care se topește o masă $m = 100$ g de gheață. (Se cunosc conductivitatea termică a cuprului $k_{Cu} \cong 400 \frac{W}{m \cdot K}$ și căldura latentă specifică a gheții $\lambda_{gheață} \cong 34 \cdot 10^4 \frac{J}{kg}$).

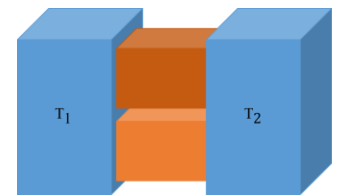


- b) Relația (1) se poate scrie sub forma: $|\Delta T| = I \frac{|\Delta x|}{k \cdot A} = I \cdot R$ unde R este rezistența termică. *Calculează* rezistența termică a barei descrise la punctul anterior.

- c) Legătura dintre rezervoarele aflate la temperaturile T_1 și T_2 se realizează prin intermediul a două bare, cea descrisă anterior și a doua bară din fier cu aceleași dimensiuni geometrice. Cele două bare sunt așezate una după cealaltă (în serie). *Calculează* intensitatea curentului termic prin sistemul de bare, temperatura interfeței dintre acestea și rezistența termică echivalentă (Se cunoaște $k_{Fe} \cong 80 \frac{W}{m \cdot K}$).



- d) Cele două bare care conectează rezervoarele sunt așezate în paralel. *Calculează* intensitatea curentului termic prin sistemul de bare și rezistența termică echivalentă.



B. (3 p)

Printr-un conductor cilindric foarte lung cu raza R și conductivitatea termică k trece un curent electric care determină o degajare de căldură q pe unitate de volum și unitate de timp, constantă.

Temperatura suprafeței exterioare a conductorului este păstrată la valoarea T_0 .

Stabilește relația de dependență a temperaturii $T(r)$ în funcție de distanța r față de mijlocul conductorului.

Calculează valoarea temperaturii în mijlocul conductorului.

Subiect propus de:

prof. Viorel SOLSCHI - Colegiul Național „Mihai Eminescu”, Satu Mare
prof. Constantin GAVRILĂ - Colegiul Național „Sfântul Sava”, București
prof. Leonaș DUMITRAȘCU - Liceul Teoretic „Mihail Kogălniceanu”, Vaslui
prof. Aura Doina VĂȘII - Colegiul Național Militar „Dimitrie Cantemir”, Breaza, Prahova

1. Fiecare dintre problemele 1, 2, respectiv 3 se rezolvă pe câte o foaie separată care se secretizează.
2. În cadrul unei probleme, 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 problemă se notează cu 10 puncte. Punctajul final reprezintă suma acestora.