



1. Procese termodinamice

Două vase, de volume $V_A = 6,0 \text{ dm}^3$ și $V_B = 1,8 \text{ dm}^3$, sunt unite printr-un tub de volum neglijabil prevăzut cu un robinet aflat în poziția "închis". În primul vas se află azot (N_2) la presiunea $p_A = 1,0 \text{ atm}$, iar în cel de-al doilea vas se află heliu (He) la presiunea $p_B = 2,0 \text{ atm}$. Temperatura gazelor este aceeași. După deschiderea robinetului, amestecul obținut, considerat gaz ideal, este transferat într-un corp de pompă. Gazul este supus unui proces ciclic $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1$. În starea 1 gazul ocupă volumul V_1 , la presiunea p_1 . Etapele procesului ciclic sunt următoarele:

- transformarea $1 \rightarrow 2$ care se desfășoară conform legii $p \cdot V^{-1} = \text{const}$, până se ajunge în starea 2 în care volumul este $V_2 = 2V_1$;
- transformarea $2 \rightarrow 3$ care se desfășoară conform legii $p \cdot V^n = \text{const}$, unde $n = 1,25$, până se ajunge în starea 3 în care presiunea devine $p_3 = p_1$;
- transformarea $3 \rightarrow 1$ care se desfășoară conform legii $V \cdot T^{-1} = \text{const}$.

a. Calculați valoarea căldurii molare la volum constant a amestecului de gaze. Se cunoaște $R = 8,31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$.

b. Stabiliți dacă în transformarea $2 \rightarrow 3$ gazul primește sau cedează căldură, precum și dacă temperatura crește sau scade.

c. Calculați randamentul unui motor care ar funcționa conform procesului ciclic descris.

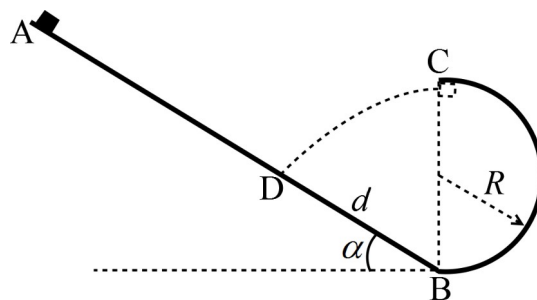
Se consideră cunoscut că $2^{0,2} \approx 1,15$.

Indicație: Transformările care au loc conform legii $p \cdot V^n = \text{const}$ sunt procese termodinamice în care

căldura molară C rămâne constantă, iar $n = \frac{C - C_p}{C - C_v}$.

2. Mecanică

Un corp de mici dimensiuni este lăsat să alunece liber, cu frecare, pe suprafața unui plan înclinat care formează unghiul $\alpha = 30^\circ$ cu suprafața orizontală. Coeficientul de frecare la alunecare este $\mu = 0,2$. Planul înclinat se continuă cu o buclă semicirculară de rază $R = 40 \text{ cm}$, situată în plan vertical, pe care corpul alunecă fără frecare. Trecerea de pe planul înclinat pe buclă se face fără pierdere de energie. Dispozitivul experimental este reprezentat schematic în figura alăturată. Punctele B și C sunt capetele diametrului vertical. Se consideră $g = 10 \text{ m/s}^2$.



a. Calculați înălțimea, față de punctul B, de la care trebuie lăsat să alunece liber corpul astfel încât forța de apăsare în punctul C să fie nulă.

b. Calculați viteza v_1 pe care trebuie să o aibă corpul în punctul C astfel încât să lovească planul în punctul D aflat la distanța $d = 80 \text{ cm}$ față de punctul B (măsurată de-a lungul planului înclinat).

c. Calculați viteza v_2 pe care trebuie să o aibă corpul în punctul C astfel încât după ciocnirea cu planul înclinat, considerată perfect elastică, viteza corpului să fie orientată pe verticală.

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 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 punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.



3. Transformări de stare de agregare

A. Apa unui lac, aflată la temperatura $\theta_0 = 0^\circ\text{C}$, este acoperită cu un strat de gheață cu grosimea $d_1 = 3,0\text{ cm}$. Temperatura aerului la suprafața lacului se menține constantă la valoarea $\theta_1 = -10^\circ\text{C}$. Căldura Q care traversează, în unitatea de timp, unitatea de suprafață a stratului de gheață de grosime x , este dată de ecuația $\frac{Q}{S \cdot \Delta t} = k \cdot \frac{\Delta \theta}{x}$, unde $\Delta \theta$ reprezintă diferența de temperatură între cele două fețe ale stratului de gheață, iar k este o constantă de proporționalitate numită conductivitate termică. Calculați intervalul de timp în care grosimea stratului de gheață crește de la $d_1 = 3,0\text{ cm}$ la $d_2 = 7,0\text{ cm}$. Se cunosc: conductivitatea termică a gheții $k = 1,8 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$, densitatea gheții $\rho = 900 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, căldura latentă specifică de topire a gheții $\lambda = 0,33 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$.

Indicație: Dacă veți considera necesar, puteți folosi egalitatea $1 + 2 + \dots + n = \frac{n(n+1)}{2}$.

B. Într-un calorimetru având capacitatea calorică $C = 84\text{ J/K}$ se află o masă $m = 180\text{ g}$ de apă la temperatura $\theta = 15^\circ\text{C}$. În calorimetru se introduce o masă $m_1 = 100\text{ g}$ de gheață având temperatura $\theta_1 = -10^\circ\text{C}$. Determinați starea sistemului la echilibru termic. Se cunosc: căldura specifică a apei $c_{\text{apa}} = 4,2\text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, căldura specifică a gheții $c_g = 2,1\text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, căldura latentă specifică de topire a gheții $\lambda = 0,33\text{ MJ/kg}$.

Subiect propus de:

Prof. Ion Toma, Colegiul Național „Mihai Viteazul” – București

Prof. Florina Bărbulescu, Centrul Național de Evaluare și Examinare – București

Prof. Liviu Blanariu, Centrul Național de Evaluare și Examinare – București

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 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 punctează de la 10 la 1 (1 punct din oficiu). Punctajul final reprezintă suma acestora.