

CLASA a X-a: Probleme recapitulative – PRINCIPIILE TERMODINAMICII (subiecte BAC)

1.

O cantitate $\nu = 0,12 \equiv \left(\frac{1}{8,31} \right)$ mol de gaz ideal monoatomic ($C_V = 1,5R$) aflat în starea inițială 1, caracterizată

de temperatură $t_1 = 27^\circ\text{C}$, efectuează un proces ciclic format din următoarele transformări: 1 → 2 destindere la presiune constantă până la dublarea volumului inițial; 2 → 3 răcire la volum constant și 3 → 1 comprimare la temperatură constantă până în starea inițială. Se cunoaște $\ln 2 \approx 0,7$.

a. Reprezentați grafic, în coordonate (p - V), procesul ciclic 1 → 2 → 3 → 1.

b. Determinați valoarea energiei interne a gazului în starea 2.

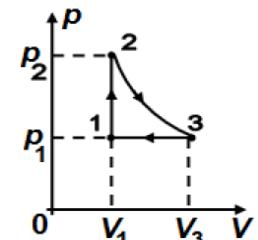
c. Calculați lucrul mecanic efectuat de gaz în cursul transformării 1 → 2.

d. Determinați căldura cedată de gaz mediului exterior pe parcursul procesului ciclic.

R: a. - b. $U_2 = 900 \text{ J}$ c. $L_{12} = 300 \text{ J}$ d. $Q_{\text{cedat}} = -660 \text{ J}$

2.

Un mol de gaz ideal poliatomic ($C_V = 3R$) trece prin succesiunea de transformări reprezentată în coordonate p - V în figura alăturată. Transformarea 2 → 3 este o destindere izotermă pe parcursul căreia gazul primește căldura $Q_{23} = 6731,1 \text{ J}$, iar volumul gazului crește până la $V_3 = 2,7 \cdot V_1 \approx e \cdot V_1$, unde e este baza logaritmului natural.



a. Reprezentați succesiunea de transformări în coordonate V - T .

b. Calculați valoarea temperaturii gazului în starea 3.

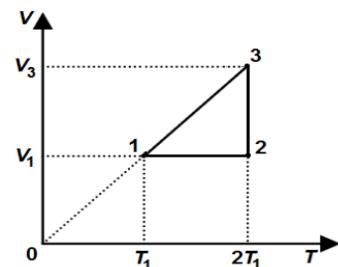
c. Determinați căldura schimbată de gaz cu mediul exterior în transformarea 3 → 1.

d. Calculați lucrul mecanic total efectuat de gaz pe un ciclu.

R: a. - b. $T_3 = 810 \text{ K}$ c. $Q_{31} \approx -17 \text{ kJ}$ d. $L \approx 2,5 \text{ kJ}$

3.

O cantitate dată de gaz ideal biatomic, având căldura molară izocoră $C_V = 2,5R$, parurge ciclul 1 → 2 → 3 → 1 reprezentat în coordonate V - T în figura alăturată. În starea inițială gazul ocupă volumul $V_1 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ și se află la presiunea $p_1 = 10^5 \text{ Pa}$. Se cunoaște $\ln 2 \approx 0,7$.



a. Reprezentați ciclul în coordonate p - V .

b. Calculați variația energiei interne în procesul 1 → 2.

c. Calculați căldura cedată de gaz în decursul transformării ciclice.

d. Determinați lucrul mecanic efectuat de gaz în transformarea 2 → 3.

R: a. - b. $\Delta U_{12} = 500 \text{ J}$ c. $Q_{31} = -700 \text{ J}$ d. $L_{23} = 280 \text{ J}$

4.

Într-un cilindru, închis etanș, se află o masă de heliu la presiunea $p_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ și volumul $V_1 = 30 \text{ dm}^3$. Gazul din cilindru este supus unui proces ciclic format din următoarele transformări: o încălzire la volum constant până la presiunea $p_2 = 3 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$; o destindere la presiune constantă până la volumul $V_3 = 60 \text{ dm}^3$; o răcire la volum constant până la presiunea $p_4 = p_1$ și o comprimare la presiune constantă până în starea inițială. Se cunosc pentru heliu masa molară $\mu = 4 \text{ g/mol}$ și căldura molară la volum constant $C_V = 1,5R$.

a. Reprezentați grafic procesul ciclic 1 → 2 → 3 → 4 → 1 în sistemul de coordonate p - V .

b. Calculați variația energiei interne în transformarea 2 → 3.

c. Calculați lucrul mecanic total schimbat de gaz cu mediul exterior în acest proces ciclic.

d. Determinați căldura schimbată de gaz cu mediul exterior în transformarea 4 → 1.

R: a. - b. $\Delta U_{23} = 13,5 \text{ kJ}$ c. $L = 3 \text{ kJ}$ d. $Q_{41} = -15 \text{ kJ}$

5.

Un mol de gaz ideal ($C_V = \frac{3R}{2}$), aflat inițial la $t_1 = 27^\circ\text{C}$ și ocupând volumul V_1 , parurge un ciclu format din trei transformări. O destindere în care volumul gazului se dublează ($V_2 = 2V_1$), iar temperatura t_1 rămâne constantă, urmată de o comprimare în care presiunea gazului nu se modifică. Gazul revine în starea inițială printr-o transformare în care volumul său rămâne constant. Se cunoaște $\ln 2 \approx 0,7$.

a. Reprezentați succesiunea de transformări în coordonate p - V .

b. Calculați căldura schimbată de gaz cu exteriorul în cursul destinderii la temperatură constantă.

c. Determinați lucrul mecanic schimbat de gaz cu exteriorul în comprimarea la presiune constantă.

d. Calculați variația energiei interne a gazului în cursul transformării la volum constant.

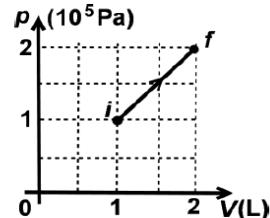
R: a. - b. $Q_{12} \approx 1,75 \text{ kJ}$ c. $L_{23} \approx -1,25 \text{ kJ}$ d. $\Delta U_{31} \approx 1,87 \text{ kJ}$

6.

În graficul din figura alăturată este prezentată dependența presiunii unui gaz de volumul acestuia, în cursul unui proces termodinamic în care cantitatea de gaz rămâne constantă. Gazul poate fi considerat ideal și are căldura molară la volum constant $C_V = 1,5R$. Pe baza datelor prezentate în grafic determinați:

- lucrul mecanic efectuat de gaz în acest proces;
- variația energiei interne a gazului;
- căldura schimbată de gaz cu mediul extern;
- căldura molară a gazului în acest proces.

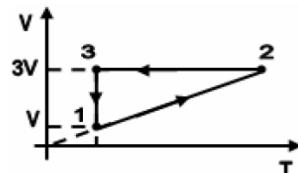
R: a. $L = 150 \text{ J}$ b. $\Delta U = 450 \text{ J}$ c. $Q = 600 \text{ J}$ d. $C = 16,62 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$



7.

În figura alăturată este reprezentată transformarea ciclică a unei cantități constante de gaz ideal. Căldura primită și variația energiei interne a gazului în transformarea $1 \rightarrow 2$ au valorile $Q_{12} = 12465 \text{ J}$ și respectiv $\Delta U_{12} = 7479 \text{ J}$. Se cunoaște $\ln 3 \approx 1,1$. Determinați:

- variația energiei interne a gazului în transformarea $2 \rightarrow 3$;
- raportul $\gamma = \frac{C_p}{C_v}$ dintre cădurile molare la presiune constantă și la volum constant pentru gazul considerat;
- lucrul mecanic schimbat de gaz cu exteriorul în transformarea $3 \rightarrow 1$;
- căldura cedată de gaz mediului exterior pe parcursul unui ciclu.



R: a. $\Delta U_{23} = -7479 \text{ J}$ b. $\gamma = 5/3 \approx 1,67$ c. $L_{31} = -2,7 \text{ kJ}$ d. $Q_{\text{cedat}} \approx -10,2 \text{ kJ}$

8.

O cantitate $v = 0,60 \left(\approx \frac{5}{8,31} \right)$ mol de gaz ideal biatomic ($C_V = 2,5R$) se află inițial, în starea 1, la o presiune egală cu 100 kPa. Gazul este încălzit izocor până în starea 2, în care presiunea s-a dublat, apoi destins izoterm până în starea 3, în care presiunea revine la valoarea inițială. În destinderea izotermă lucrul mecanic efectuat de gaz este egal cu 1,4 kJ. Se consideră $\ln 2 \approx 0,69$.

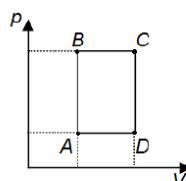
- Reprezentați grafic dependența presiunii de volum în procesul $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$;
- Calculați temperatura gazului la sfârșitul încălzirii izocore;
- Calculați volumul inițial al gazului;
- Calculați căldura primită pe parcursul transformării $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$.

R: a. - b. $T_2 \approx 406 \text{ K}$ c. $V_1 \approx 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$ d. $Q_{123} \approx 3,9 \text{ kJ}$

9.

Procesele ciclice reale pot fi studiate prin modelarea acestora cu ajutorul unor cicluri teoretice alcătuite din transformări simple. O cantitate dată de gaz ideal efectuează procesul ciclic A-B-C-D-A reprezentat în coordonate p -V în figura alăturată. Sunt cunoscute valorile Q , L și ΔU indicate în tabelul alăturat.

- Determinați variația energiei interne în transformarea C-D.
- Determinați căldura cedată de gaz mediului exterior într-un ciclu.
- Determinați raportul dintre lucrul mecanic total schimbat de gaz cu mediul exterior într-un ciclu și căldura primită în timpul unui ciclu.
- Reprezentați grafic procesul în coordonate (p, T).



Procesul	$\Delta U(\text{kJ})$	$L(\text{kJ})$	$Q(\text{kJ})$
A-B	600		
B-C	450		750
C-D			
D-A	-150	-100	

R: a. $\Delta U_{CD} = -900 \text{ kJ}$ b. $Q_{\text{cedat}} = -1150 \text{ kJ}$ c. $L_{\text{tot}}/Q_p \approx 0,15$ d. -

10.

Într-un cilindru cu piston mobil, ce se poate mișca etanș și fără frecări, se află un mol de gaz ideal la temperatură $T_1 = 300 \text{ K}$. Gazul este răcit la volum constant, apoi este încălzit la presiune constantă până revine la temperatura inițială T_1 . În acest proces lucrul mecanic efectuat de gaz este de 831 J, iar raportul dintre căldura primită și modulul căldurii cedate este $k = 5/3$. Se cunoaște $\ln 1,5 \approx 0,4$.

- Reprezentați graficul transformărilor în coordonate p - T .
- Calculați raportul dintre valoarea maximă și cea minimă a volumului ocupat de gaz în acest proces.
- Determinați valoarea căldurii molare la volum constant a gazului.
- Determinați lucrul mecanic primit de gaz pentru a reveni în starea inițială printr-o transformare la temperatură constantă.

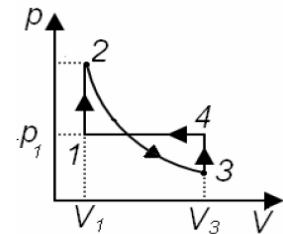
R: a. - b. $V_{\max}/V_{\min} = 1,5$ c. $C_V = 1,5R$ d. $L = -997,2 \text{ J}$

11.

Un mol de gaz ideal monoatomic, având căldura molară izocoră $C_V = 1,5R$, evoluează după procesul 1-2-3-4-1, reprezentat în sistemul de coordonate $p-V$ în graficul alăturat. Lucrul mecanic schimbat de gaz pe parcursul acestui proces este nul. În procesul 2-3 temperatura este constantă, iar $V_3 = e^2 V_1$ ($e^2 \approx 7,4$, e fiind baza logaritmului natural). Temperatura în starea de echilibru termodinamic 1 este $T_1 = 300$ K.

- Reprezentați transformarea ciclică în sistemul de coordonate $V-T$.
- Calculați valoarea căldurii schimbate de gaz cu exteriorul pe parcursul unui ciclu.
- Determinați valoarea temperaturii gazului în starea 2.
- Calculați variația energiei interne în procesul 1-2.

R: a. - b. $Q = 0$ c. $T_2 = 960$ K d. $\Delta U_{12} \approx 8,2$ kJ

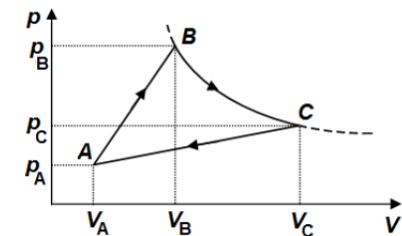


12.

Un motor termic funcționează după un proces ciclic ABCA reprezentat în coordonate $p-V$ ca în figura alăturată. Substanța de lucru este un gaz ideal având exponentul adiabatic $\gamma = 5/3$. În transformarea BC temperatura rămâne constantă. Cunoscând că: $p_A = 10^5$ Pa, $V_A = 10^{-3}$ m³, $p_B = 4p_A$, $p_C = 2p_A$, $V_B = 3V_A$, iar $\ln 2 \approx 0,7$, determinați:

- volumul ocupat de gaz în starea C;
- raportul $\Delta U_{AB} / \Delta U_{CA}$ dintre variațiile energiei interne a gazului în procesele AB, CA;
- lucrul mecanic schimbat de gaz cu exteriorul într-un ciclu;
- rândamentul ciclului Carnot care ar funcționa între temperaturile extreme atinse de gaz la parcurgerea ciclului ABCA

R: a. $V_C = 6 \cdot 10^{-3}$ m³ b. $\Delta U_{AB}/\Delta U_{CA} = -1$ c. $L = 590$ J d. $\eta_C \approx 91,7\%$

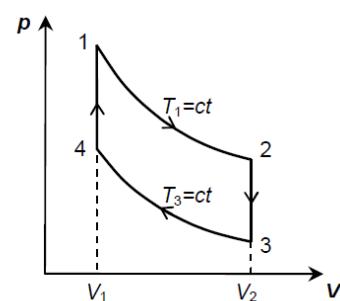


13.

Un motor termic funcționează după ciclul termodinamic reprezentat în coordonate $p-V$ în figura alăturată. Substanța de lucru a motorului este constituită din $v = 4$ mol de gaz ideal ($C_V = 2,5R$). Temperatura minimă atinsă de gaz este $t_3 = 27^\circ C$. Relația dintre temperaturile extreme atinse de gaz este $T_1 = 2T_3$, iar cea dintre volumele ocupate de gaz este $V_2 = eV_1$, unde $e \approx 2,718$ este baza logaritmului natural. Determinați:

- variația energiei interne în cursul transformării 2-3;
- lucrul mecanic total efectuat de gaz într-un ciclu;
- căldura cedată de gaz mediului exterior în decursul unui ciclu;
- rândamentul motorului termic.

R: a. $\Delta U_{23} \approx -2,5 \cdot 10^4$ J b. $L \approx 10^4$ J c. $Q_{34} \approx -3,5 \cdot 10^4$ J d. $\eta \approx 22\%$

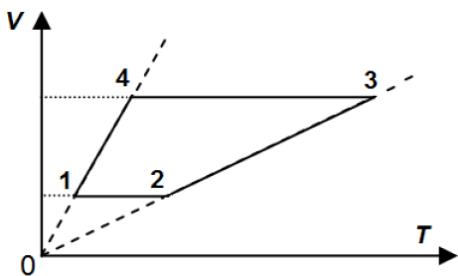


14.

Un mol de gaz ideal biatomic ($C_P = \frac{7R}{2}$) evoluează după transformarea ciclică 12341 reprezentată grafic în coordonate $V-T$ în figura alăturată. Temperaturile stărilor 1, 3 și 4 sunt $t_1 = 27^\circ C$, $t_3 = 327^\circ C$ și respectiv $t_4 = 127^\circ C$.

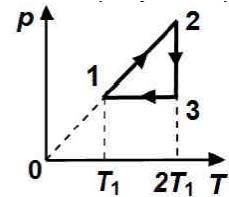
- Reprezentați grafic procesul ciclic în coordonate $p-V$.
- Calculați căldura cedată de gaz mediului exterior pe parcursul transformării ciclice.
- Determinați temperatura gazului în starea 2.
- Calculați lucrul mecanic total schimbat de gaz cu mediul exterior pe parcursul unui ciclu.

R: a. - b. $Q_{cedat} = -7063,5$ J c. $T_2 = 450$ K d. $L = 415,5$ J



15.

Un motor termic folosește ca fluid de lucru o cantitate $v = 3$ mol de gaz ideal poliatomic ($C_V = 3R$). Procesul ciclic de funcționare este reprezentat, în coordonate $p-T$, în figura alăturată. Temperatura în starea 1 este $T_1 = 300\text{ K}$. Se cunoaște $\ln 2 \approx 0,7$.

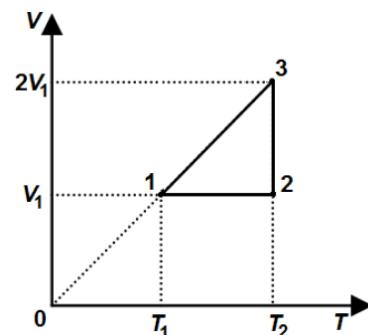


- Reprezentați procesul în coordonate $p-V$.
- Calculați lucrul mecanic total schimbat de gaz cu mediul exterior în timpul unui ciclu.
- Determinați randamentul motorului termic.
- Determinați randamentul unui motor termic ideal care ar funcționa după un ciclu Carnot între temperaturile extreme atinse de gaz în decursul procesului ciclic dat.

R: a. - b. $L_{\text{tot}} = 3\text{ kJ}$ c. $\eta \approx 9,1\%$ d. $\eta_C = 50\%$

16.

O cantitate dată de gaz ideal biaatomic ($C_V = 2,5R$) parurge ciclul $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1$ reprezentat în coordonate $V-T$ în figura alăturată. Se cunosc: $p_1 = 10^5\text{ Pa}$, $V_1 = 2 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3$ și $\ln 2 \approx 0,7$.

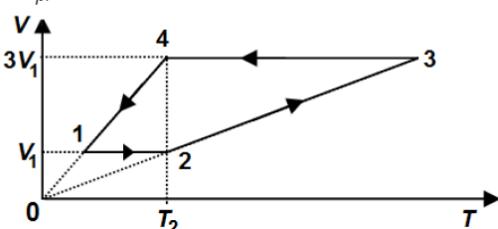


- Reprezentați ciclul în coordonate $p-V$.
- Calculați căldura primită de gaz într-un ciclu.
- Calculați randamentul unui motor termic care ar funcționa după ciclul descris.
- Determinați randamentul unui ciclu Carnot care ar funcționa între temperaturile extreme atinse în acest ciclu.

R: a. - b. $Q_{\text{primit}} = 780\text{ J}$ c. $\eta \approx 10\%$ d. $\eta_C = 50\%$

17.

În figura alăturată este reprezentată, în coordonate $V-T$, transformarea ciclică reversibilă a unei cantități de gaz ideal a cărui căldură molară izocoră este $C_V = 1,5R$. Temperatura gazului în stările 2 și 4 are aceeași valoare. În cursul transformării $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$ gazul primește căldura $Q_{\text{pr}} = 54\text{ kJ}$.



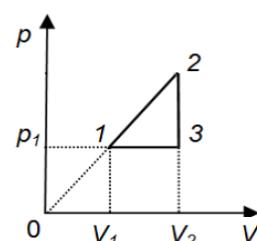
- Reprezentați transformarea ciclică în coordonate $p-V$.
- Determinați variația energiei interne a gazului la trecerea din starea 1 în starea 3.
- Calculați lucrul mecanic efectuat de gaz într-un ciclu.
- Calculați randamentul motorului termic ce ar funcționa după ciclul considerat.

R: a. - b. $\Delta U_{31} = 36\text{ kJ}$ c. $L = 12\text{ kJ}$ d. $\eta \approx 22\%$

18.

Un mol de gaz considerat ideal parurge ciclul 1231 reprezentat în coordonate $p-V$ în figura alăturată.

Cunoscând raportul de compresie $\frac{V_2}{V_1} = 2$, temperatura în starea 1 $T_1 = 300\text{ K}$ și



căldura molară izobară $C_p = 2,5R$, determinați:

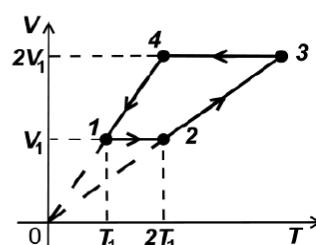
- temperatura gazului în starea 3;
- variația energiei interne în transformarea $2 \rightarrow 3$;
- căldura molară în transformarea $1 \rightarrow 2$;
- randamentul unui motor termic care ar funcționa după ciclul din figură.

R: a. $T_3 = 600\text{ K}$ b. $\Delta U_{23} = -7479\text{ J}$ c. $C_{12} = 16,52\text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

d. $\eta \approx 8,3\%$

19.

Un motor termic folosește ca fluid de lucru un mol de gaz ideal diatomic. Procesul ciclic de funcționare a motorului este reprezentat în coordonate $V-T$ în figura alăturată. Temperatura în starea 1 este $T_1 = 300\text{ K}$.



- Reprezentați procesul ciclic în coordonate $p-V$.
- Determinați lucrul mecanic total schimbat de gaz cu mediul exterior în timpul unui ciclu.
- Calculați randamentul motorului termic.
- Calculați randamentul unui ciclu Carnot care ar funcționa între temperaturile extreme atinse de gaz în decursul procesului ciclic dat.

R: a. - b. $L_{\text{tot}} = 2493\text{ J}$ c. $\eta \approx 10,5\%$ d. $\eta_C = 75\%$