

PROBLEME REZOLVATE

1. Aerul aflat într-un vas de volum $V = 0,2 \text{ m}^3$ la presiunea $p_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ este răcit izocor, pierzând prin răcire căldura $Q = 50 \text{ kJ}$. Să se afle: a) presiunea finală; b) lucrul mecanic efectuat; c) variația energiei interne. Căldura molară izocoră a aerului $C_v = \frac{5}{2} R$ (R – constanta universală a gazelor).

Rezolvare

a) Căldura cedată de aer este:

$$|Q| = \nu C_v (T_1 - T_2), \quad (1)$$

unde ν este numărul de kmoli de aer, iar T_1 și T_2 temperaturile inițială, respectiv finală. Datorită răcirii, $T_1 > T_2$. Din ecuațiile de stare avem: $T_1 = \frac{p_1 V}{\nu R}$ și $T_2 = \frac{p_2 V}{\nu R}$. Înlocuind în (1) pe T_1 , T_2 și C_v , rezultă:

$$Q = 5/2 \cdot V(p_1 - p_2),$$

de unde:

$$p_2 = p_1 - \frac{2}{5} \frac{Q}{V} = 2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 - \frac{2}{5} \cdot \frac{5 \cdot 10^4 \text{ J}}{0,2 \text{ m}^3} = 10^5 \text{ N/m}^2.$$

b) Transformarea fiind izocoră $L = 0$.

c) Din primul principiu al termodinamicii rezultă

$$\Delta U = Q = 50 \text{ kJ}.$$

2. O masă $m = 10 \text{ g}$ de oxigen ($\mu = 32 \text{ kg/kmol}$) se află la presiunea $p = 3 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ și la temperatura $t = 10^\circ \text{C}$. După încălzirea izobară, gazul ocupă volumul $V_2 = 10 \text{ l}$. Să se afle: a) căldura absorbită de gaz; b) lucrul mecanic efectuat de gaz prin destindere; c) variația energiei interne. Se cunoaște căldura molară izobară $C_p = (7/2)R$.

Rezolvare: a) Căldura absorbită de gaz va fi:

$$Q_p = \nu C_p (T_2 - T_1) = \frac{m}{\mu} C_p (T_2 - T_1). \quad (1)$$

Temperatura T_2 o exprimăm din ecuația de stare $T_2 = \frac{\mu p V_2}{m R}$.

Înlocuim pe T_2 în (1) și obținem:

$$Q_p = \frac{m}{\mu} C_p \left(\frac{\mu p V_2}{m R} - T_1 \right) = 7,92 \cdot 10^3 \text{ J}.$$

b) Transformarea fiind izobară, lucrul mecanic va fi $L = p(V_2 - V_1)$. Folosind ecuația de stare $pV_1 = \nu RT_1$, avem:

$$L = pV_2 - \frac{m}{\mu} RT_1 = 2,265 \cdot 10^3 \text{ J}.$$

c) Din primul principiu, avem:

$$\Delta U = Q - L = 5,655 \cdot 10^3 \text{ J}.$$

3. O masă $m = 2 \text{ kg}$ de oxigen ocupă volumul $V_1 = 1 \text{ m}^3$ la presiunea $p_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Gazul este încălzit izobar și se destinde până la volumul $V_2 = 3 \text{ m}^3$, apoi izocor până la presiunea devine $p_3 = 5 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Să se afle: a) variația energiei interne; b) lucrul mecanic efectuat de gaz; c) căldura absorbită de gaz. Se cunoaște $C_v = (5/2)R$.

Rezolvare

a) Variația energiei interne a gazului la trecerea din starea inițială în cea finală este

Temperaturile T_1 și T_2 le obținem din ecuațiile de stare:

$$T_1 = \frac{\mu}{m} \frac{p_1 V_1}{R}, \quad T_2 = \frac{\mu}{m} \frac{p_2 V_2}{R}.$$

Înlocuim în (1)

$$\Delta U = \frac{m}{\mu} C_V \frac{\mu}{m} \frac{1}{R} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{5}{2} (p_2 V_2 - p_1 V_1) = 3,25 \cdot 10^6 \text{ J}.$$

b) Lucrul mecanic total, la trecerea din starea 1 în starea 3, este

$$L = L_{12} + L_{23}.$$

Dar, $L_{12} = p_1(V_2 - V_1)$, iar $L_{23} = 0$, deoarece transformarea 2-3 este izocoră. Deci,

$$L = L_{12} = p_1(V_2 - V_1) = 0,4 \cdot 10^6 \text{ J}.$$

c) Din primul principiu al termodinamicii, rezultă

$$Q = \Delta U + L = 3,25 \cdot 10^6 \text{ J} + 0,4 \cdot 10^6 \text{ J} = 3,65 \text{ MJ}.$$

ÎNTREBĂRI, EXERCITII, PROBLEME

1. O masă de azot ($\mu = 28 \text{ kg/kmol}$) $m = 70 \text{ kg}$ este încălzită cu $\Delta T = 150 \text{ K}$ la volum constant. Să se afle: a) căldura Q_v absorbită; b) variația energiei interne ΔU ; c) lucrul mecanic efectuat de gaz. Pentru azot $C_v = (5/2)R$.

$$\text{R: a) } Q_v = \nu C_v \Delta T = 7,79 \text{ MJ; b) } \Delta U = Q_v = 7,79 \text{ MJ; c) } L = 0.$$

2. Într-o incintă de volum $V_1 = 10 \text{ m}^3$ se află hidrogen la presiunea $p_1 = 10^5 \text{ N/m}^2$. Gazul este încălzit la volum constant până când presiunea sa devine $p_2 = 3 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. Să se afle: a) variația energiei interne ΔU a gazului; b) lucrul mecanic efectuat de gaz; c) căldura Q_v absorbită de gaz. Pentru hidrogen $C_v = (5/2)R$.

$$\text{R: a) } \Delta U = 5 \text{ MJ; b) } L = 0; \text{ c) } Q_v = \Delta U = 5 \text{ MJ}.$$

3. O cantitate de $\nu = 2 \text{ kmol}$ de dioxid de carbon este încălzită la presiune constantă cu $\Delta T = 50 \text{ K}$. Să se afle: a) variația energiei interne ΔU a gazului; b) lucrul mecanic efectuat de gaz; c) căldura Q_p absorbită. Se cunoaște $C_p = 4 R$.

$$\text{R: a) } \Delta U = 2,493 \text{ MJ; b) } L = 831 \text{ kJ; c) } Q_p = 3324 \text{ kJ}.$$

4. Un gaz ocupă volumul $V_1 = 5 \text{ l}$ la presiunea $p_1 = 2 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ și temperatura $t_1 = 17^\circ \text{C}$. Gazul este încălzit izobar și efectuează un lucru mecanic $L = 196 \text{ J}$. Să se afle cu cât s-a încălzit gazul.

$$\text{R: } \Delta T = \frac{L T_1}{p_1 V_1} = 57 \text{ K}$$

5. Într-un cilindru cu piston mobil fără frecări se află o masă $m = 1 \text{ kg}$ de azot ($\mu = 28 \text{ kg/kmol}$). a) Ce căldură absoarbe gazul pentru ca temperatura lui să crească cu $\Delta T = 10 \text{ K}$? b) Să se afle înălțimea Δh cu care se ridică pistonul după încălzirea gazului. Greutatea pistonului $G = 9,8 \text{ N}$, secțiunea sa $S = 1 \text{ m}^2$. Presiunea atmosferică deasupra pistonului $p_0 = 1 \text{ atm}$. Pentru azot $C_p = (7/2)R$.

$$\text{R: a) } Q_p = \nu C_p \Delta T = 10,4 \text{ kJ; b) } \Delta h = \frac{\nu R \Delta T}{S p_0 + G} = 2,9 \text{ cm}.$$