

Esercizi Termodinamica

16 Giugno 2020

1 Ossigeno in due comparti

Una massa $m = 10$ Kg di ossigeno O_2 (peso atomico ossigeno O $P_O = 16$ g/mole) assunto come gas ideale biatomico è contenuta in un cilindro a pareti adiabatiche diviso da un setto mobile, anch'esso con superficie adiabatica, in due comparti di lunghezza $L_1 = 10$ cm e $L_2 = 4.4$ cm, entrambi alla temperatura di 10°C e a pressione, rispettivamente, $p_1 = 1.013 \cdot 10^3$ Pa e $p_2 = 5.3 \cdot 10^3$ Pa e il setto è inizialmente bloccato. Il setto è poi lasciato libero di muoversi e reversibilmente raggiunge la situazione di equilibrio. Assumendo $R = 8.314$ J mole $^{-1}$ K $^{-1}$, si determinino

1) la capacità termica a volume costante $C_V = (dQ/dT)_V$ di tutto il gas 2) la lunghezza L'_1 del primo comparto all'equilibrio finale 3) la temperatura T'_1 del primo comparto all'equilibrio finale.

Soluzione

$$C_v = n \frac{5}{2} R = \frac{10}{0.032} \left(\frac{5}{2} \right) R = 6495.3 \text{ J/K}$$

Trasformazione adiabatica $p_1 V_1^\gamma = p_f (V'_1)^\gamma$, $\gamma = 7/5$. p_f è la pressione finale. Ma, essendo le sezioni uguali, $p_1 L_1^\gamma = p_f (L'_1)^\gamma$.

$$L'_1 = \frac{(L_1 + L_2)}{\left[1 + \left(L_2 p_2^{1/\gamma} \right) / \left(L_1 p_1^{1/\gamma} \right) \right]} = 0.059 \text{ m}$$

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T'_1 (V'_1)^{\gamma-1} \Rightarrow T'_1 = T_1 \left(\frac{L_1}{L'_1} \right)^{\gamma-1} = 349 \text{ K}$$

2 Compressione e espansione Ossigeno

Una massa $m = 5$ Kg di ossigeno O_2 (peso atomico dell'ossigeno $O = 16$ g/mole) assunto come gas ideale biatomico è inizialmente contenuta in un recipiente di volume V_0 a $T_0 = 300$ K. Il gas viene poi compresso dimezzandone il volume a pressione costante e una volta raggiunto l'equilibrio il recipiente viene isolato termicamente e il gas viene lasciato espandersi liberamente nel recipiente.

Assumendo $R = 8.314$ J mole⁻¹ K⁻¹, si determinino 1) il lavoro W per dimezzare il volume 2) il calore Q scambiato dal gas durante tutto il processo 3) la variazione di entropia ΔS del gas durante tutto il processo.

Soluzione

$$W = p_0 \Delta V = -p_0 V_0 / 2 = -nRT_0 / 2 = -\frac{5}{0.032} RT_0 / 2 = -195 \text{ kJ}$$

$$Q = \Delta U + W \quad \Delta U = \frac{5}{2} nR \Delta T \Rightarrow Q = -682 \text{ kJ}$$

$$\Delta S = \ln 2 \left(-\frac{7}{2} nR + nR \right) = -2.251 \text{ kJ/K}$$

3 Espansione libera azoto molecolare

Una massa m di azoto N_2 (peso atomico dell'azoto $N = 14$ g/mole) assunto come gas ideale ha capacità termica a volume costante $C_V = (dQ/dT)_V = 3246.08$ J K⁻¹ ed è contenuta in un recipiente con pareti diatermiche di volume $V_0 = 10$ m³ a $T_0 = 300$ K. Il recipiente è diviso in due scomparti di uguale volume da un setto a pareti adiabatiche con un rubinetto. Il recipiente è dapprima isolato termicamente, il gas è tutto contenuto nel primo comparto e il rubinetto è chiuso. Successivamente il rubinetto viene aperto e il gas si espande liberamente; una volta raggiunto l'equilibrio il recipiente viene tolto dall'isolamento termico e il gas viene poi ricompresso reversibilmente fino a farlo rientrare tutto nel primo comparto. Assumendo $R = 8.314$ J mole⁻¹ K⁻¹, si determinino 1) il lavoro W del gas in tutto il processo 2) la pressione finale p_f 3) la variazione di entropia dell'universo $(\Delta S)_u$ durante tutto il processo.

Soluzione

$$W = nRT \int V^{-1} dV = -nRT \ln 2 = -308.7 \text{ kJ}$$

$$p_f = p_1 = \frac{2nRT}{V_0} = 89.1 \text{ kPa}$$

$$(\Delta S)_u = \frac{Q}{T} = \frac{-W}{T} = 1.029 \text{ kJ/K}$$