

Nome: _____ NUSP: _____ RG: _____

1ª Questão (3,5 pontos) Um quilograma de ar, inicialmente a 5 bar e 350 K, e 3 kg de dióxido de carbono (CO_2), inicialmente a 2 bar e 450 K, são colocados em compartimentos separados do reservatório rígido e isolado mostrado na Figura 1. A superfície de separação dos dois compartimentos pode se deslocar, bem como permite a transferência de calor entre as câmaras. Considerando que os dois gases se comportem como gases perfeitos, determine a temperatura e a pressão finais de equilíbrio, supondo que os calores específicos sejam constantes.

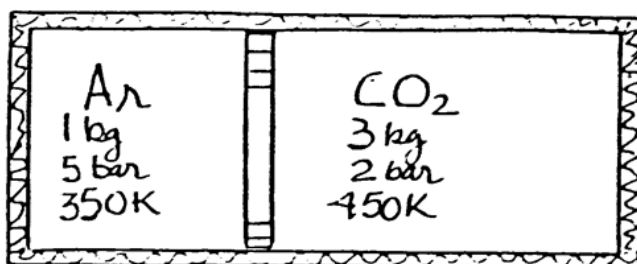


Figura 1

2ª Questão (3,5 pontos) Vapor é usado como meio de levantamento de cargas, como mostrado na Figura 2. A fonte de vapor está a 1,0 MPa e 300°C. O estado inicial do vapor na câmara é caracterizado por uma pressão de 0,5 MPa, vapor saturado e volume de 0,002 m³. O vapor começa então a ser admitido lentamente através da válvula V até que o volume atinja 0,040 m³ e a massa admitida seja 0,15 kg. Determine o estado final, o calor transferido e o trabalho realizado.

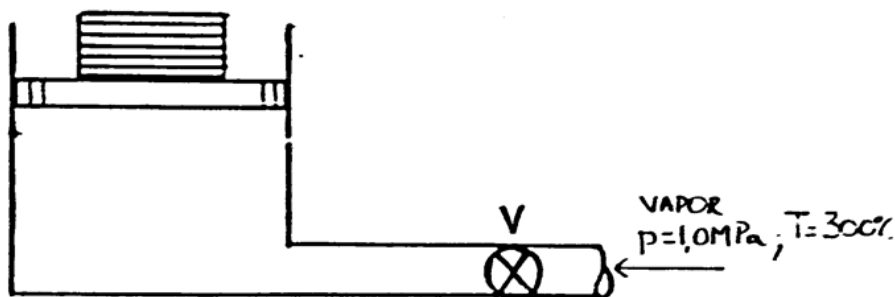


Figura 2

3ª Questão (3,0 pontos) Um ciclo de refrigeração com R 12 opera entre as pressões de 652 kPa e 64 kPa, como esquematizado na Figura 3. O título na seção 3 é 0,8. Determine:

a) a relação \dot{Q}_1 / \dot{W}_2 ; b) a vazão mássica de refrigerante para que a capacidade de resfriamento do ciclo (\dot{Q}_3) seja de 10,5 kW.

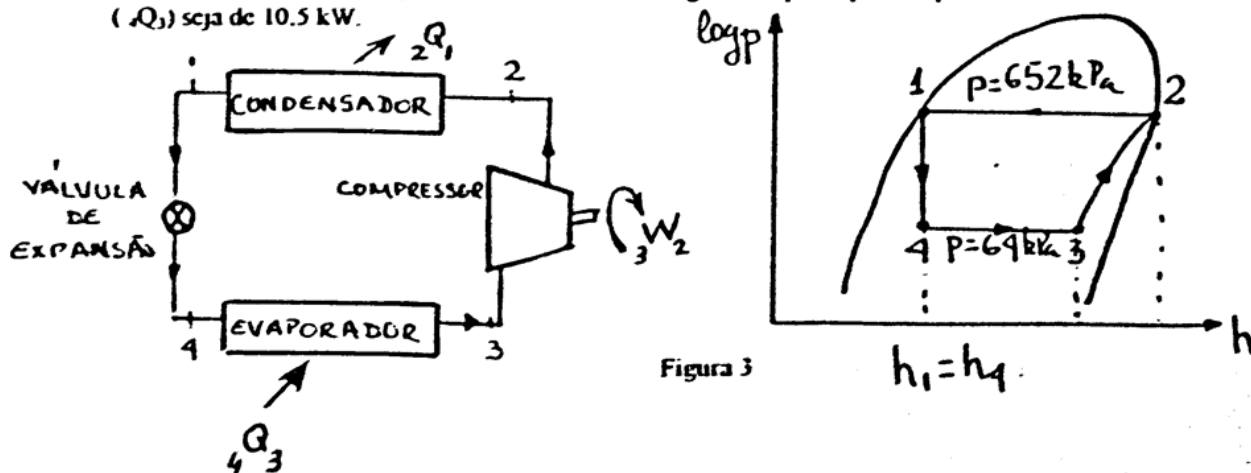
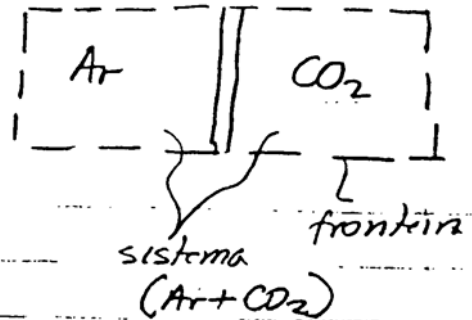


Figura 3

1ª Questão

1ª Lei p/ sistema (Ar + CO₂)



$$\underbrace{Q_2}_{\substack{\text{adiabático} \\ \text{(isolado)}}} - \underbrace{W_2}_{\substack{\text{trabalho} \\ \tilde{W}_{tr}}} = \Delta U + \underbrace{\Delta EC}_0 + \underbrace{\Delta EP}_0$$

$\therefore \Delta U = 0$

logo, $m_{Ar} (u_{Ar_1} - u_{Ar_2}) + m_{CO_2} (u_{CO_2_1} - u_{CO_2_2}) = 0$

hipótese de gás perfeito ($C_v = cte$)

mesma T_2

$$m_{Ar} C_{vAr} (T_{1Ar} - T_2) + m_{CO_2} C_{vCO_2} (T_{1CO_2} - T_2) = 0$$

$$\therefore T_2 = \frac{m_{Ar} C_{vAr} T_{1Ar} + m_{CO_2} C_{vCO_2} T_{1CO_2}}{m_{Ar} C_{vAr} + m_{CO_2} C_{vCO_2}}$$

$$T_2 = \frac{1 \times 0,7165 \times 350 + 3 \times 0,6529 \times 450}{1 \times 0,7165 + 3 \times 0,6529}$$

$$T_2 = 423,2 K$$

- $m_{Ar} = 1 \text{ kg}$
- $T_{1Ar} = 350 \text{ K}$
- $m_{CO_2} = 3 \text{ kg}$
- $T_{1CO_2} = 450 \text{ K}$
- $C_{vAr} = 0,7165 \text{ kJ/kgK}$
- $C_{vCO_2} = 0,6529 \text{ kJ/kgK}$
- $R_{Ar} = 0,2870 \text{ kJ/kgK}$
- $R_{CO_2} = 0,18892 \text{ kJ/kgK}$

Note que o volume total permanece inalterado. Assim, no estado inicial

$$V_T = V_{Ar} + V_{CO_2} = \frac{m_{Ar} R_{Ar} T_{1Ar}}{P_{1Ar}} + \frac{m_{CO_2} R_{CO_2} T_{1CO_2}}{P_{1CO_2}}$$

$$\therefore V_T = \frac{1 \times 0,287 \times 350}{500} + \frac{3 \times 0,18892 \times 450}{200}$$

$$V_T = 1,47611 \text{ m}^3$$

No condensation formed

$$T_2 = T_{2\text{CO}_2} = T_{2\text{air}}$$

$$P_2 = P_{2\text{CO}_2} = P_{2\text{air}}$$

$$\therefore V_T = \frac{T_2}{P_2} [m_{\text{air}} R_{\text{air}} + m_{\text{CO}_2} R_{\text{CO}_2}]$$

$$\Rightarrow P_2 = \frac{T_2}{V_T} [m_{\text{air}} R_{\text{air}} + m_{\text{CO}_2} R_{\text{CO}_2}]$$

$$\therefore P_2 = \frac{423,2}{1,47611} [1 \times 0,287 + 3 \times 0,18892]$$

$$P_2 = 244,77 \text{ kPa} = 2,4477 \text{ bar}$$

2ª Questão - regime uniforme

$$Q_{vc} - W_{vc} = m_2 \left(u_2 + \frac{v_2^2}{2} + g z_2 \right) -$$
$$m_1 \left(u_1 + \frac{v_1^2}{2} + g z_1 \right) - \sum m_e \left(h_e + \frac{v_e^2}{2} + g z_e \right)$$
$$+ \sum m_s \left(h_s + \frac{v_s^2}{2} + g z_s \right)$$

hipóteses: $\Delta EC \sim \Delta EP = 0$

Dados: $m_s = 0$

$$\therefore Q_{vc} - W_{vc} = m_2 u_2 - m_1 u_1 - m_e h_e$$

Cálculo do Trabalho p/o levantamento do peso. Note que $P = \underline{cte}$

$$W_{vc} = P (V_2 - V_1)$$

$$; P = 500 \text{ kPa}$$

$$V_1 = 0,002 \text{ m}^3$$

$$V_2 = 0,040 \text{ m}^3$$

$$\therefore W_{vc} = 500 (0,040 - 0,002)$$

$$\boxed{W_{vc} = 19 \text{ kJ}}$$

Volume de controle

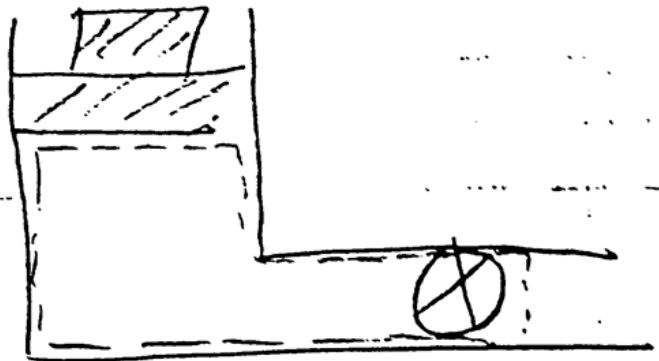
obtenção das props.

Estado 1

$$P_1 = 500 \text{ kPa}$$

$$V_1 = V_2 = 0,3749 \text{ m}^3$$

$$u_1 = u_2 = 2561,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$



$$\therefore m_1 = \frac{V_1}{v_1} = \frac{0,002}{0,3749} = 0,00533 \text{ kg} //$$

Estado 2

$$m_2 = m_1 + m_{\text{admitida}} = 0,00533 + 0,15$$

$$m_2 = 0,15533 \text{ kg} //$$

$$v_2 = \frac{V_2}{m_2} = \frac{0,04}{0,15533} = 0,2575 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\left. \begin{array}{l} P_2 = 500 \text{ kPa} \\ v_2 = 0,2575 \text{ m}^3/\text{kg} \end{array} \right\} x_2 = \frac{v_2 - v_L}{v_V - v_L} \quad \left. \begin{array}{l} v_L = 0,001093 \\ v_V = 0,3749 \end{array} \right\}$$

$$v_2 < v_V$$

$$\therefore x_2 = 0,686$$

$$\therefore u_2 = x_2 u_V + (1 - x_2) u_L$$

$$u_2 = 0,686 \times 2561,6 + (1 - 0,686) \times 639,66$$

$$\boxed{u_2 = 1958,1 \text{ kJ/kg}}$$

$$\left. \begin{array}{l} u_L = 639,66 \\ u_V = 2561,6 \end{array} \right\}$$

entrada e

$$\left. \begin{array}{l} P_e = 1 \text{ MPa} \\ T_e = 300^\circ\text{C} \end{array} \right\} \begin{array}{l} h_e = 3051,2 \text{ kJ/kg} \\ m_e = 0,15 \text{ kg} \end{array}$$

$$\therefore Q_{vc} = 19 + 0,15533 \times 1958,1 - 0,00533 \times 2561,6 - 0,15 \times 3051,2$$

$$\boxed{Q_{vc} = -148,18 \text{ kJ}}$$

3ª Questão

$$\beta = \frac{Q_3}{\dot{W}_2} = \frac{\dot{m} (h_3 - h_4)}{\dot{m} (h_2 - h_3)} = \frac{h_3 - h_4}{h_2 - h_3}$$

$$h_2 = h_v (P = 652 \text{ kPa}) = 197,73 \text{ kJ}$$

$$A_T = 4 \text{ kPa} \left\{ \begin{array}{l} h_2 = 0 \text{ kJ/kg} \\ h_v = 169,595 \text{ kJ/kg} \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} h_3 = 0,8 \times 169,595 + 0,2 \times 0 \\ h_3 = 135,676 \text{ kJ/kg} \end{array}$$

$$h_4 = h_L (P = 652 \text{ kPa}) = 59,702 \text{ kJ/kg}$$

$$\beta = \frac{135,676 - 59,702}{197,73 - 135,676} = 1,224$$

$$\boxed{\beta = 1,224}$$

$$Q_3 = \dot{m} (h_3 - h_4)$$

$$\dot{m} = \frac{Q_3}{h_3 - h_4} = \frac{10,5}{135,676 - 59,702}$$

$$\boxed{\dot{m} = 0,1382 \text{ kg/s}}$$