

1ª Questão (Valor: 6,0 pontos)

Vapor de água a 1,4 MPa e 350 °C é enviado para duas turbinas (TV1 e TV2) que estão conectadas a um reservatório perfeitamente isolado e rígido, composto por dois compartimentos separados por um pistão que se desloca sem atrito e é perfeitamente isolado, conforme esquematizado na Figura 1. Inicialmente, o ar ocupa todo o volume do reservatório. Nesse estado tem-se 0,05 kg de ar, que pode ser tratado como gás perfeito, a 0,1 MPa e 127 °C. O vapor de água escoou através das turbinas até que a pressão no compartimento com água atinja 1,4 MPa. Considerando todos os processos reversíveis, pede-se:

- a massa total de vapor que escoou através das duas turbinas (em kg); ✓
- o trabalho total realizado pelas duas turbinas (em kJ); ✓
- o trabalho realizado pela água para comprimir o ar (em kJ). ✓

Considere, agora, outra instalação na qual as turbinas são substituídas por uma válvula e o pistão encontra-se em uma certa posição no reservatório e está travado por um pino. A câmara conectada à saída da válvula está vazia. A válvula é aberta e vapor de água escoou através dela até que a pressão no compartimento com água atinja 1,4 MPa e a massa final de água no compartimento seja 0,24 kg. Pede-se:

- a temperatura final no compartimento com água (°C); ✓
- a entropia gerada total no processo (em kJ/K). ✓

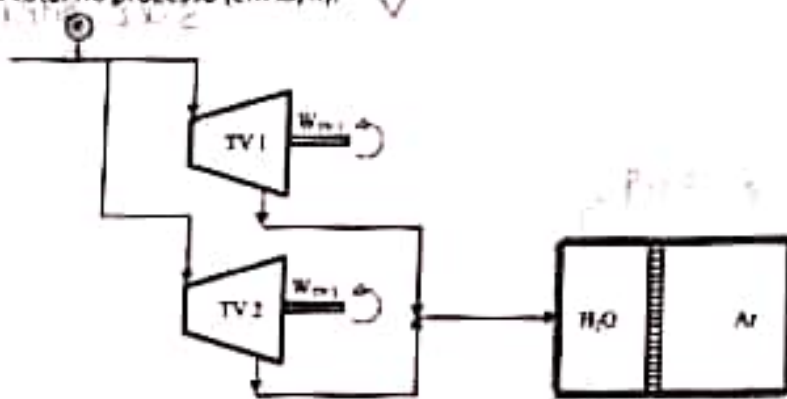


Figura 1

Estado Ar

①

$m = 0,05 \text{ kg}$   
 $P = 0,1 \text{ MPa}$   
 $T = 127^\circ\text{C} = 400 \text{ K}$

②

$m = 0,05 \text{ kg}$   
 $P = 1,4 \text{ MPa}$   
 $T = ?$

Processo é adiabático e reversível!

$v_1 = v_2$  - para gás perfeito uso  
 índice processo politrópico  $n = k$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}} \text{ com } k = 1,4$$

$$T_2 = 350,208 \text{ K}$$

Primeira Lei para o ar para trabalho

$$m(u_2 - u_1) = -W$$

$$0,05(833,521 - 288,179) = -W$$

$$W = -17,3551 \text{ kJ}$$

W realizado pela água = 17,3551 kJ **1,0**

Calculando os volumes dos estados do ar

$$v_1 = 0,05 = 0,287 \cdot 400 = 0,0574 \text{ m}^3$$

$$v_2 = 0,05 \cdot \frac{100}{1400} = 0,287 \cdot 350,208 = 0,0087146 \text{ m}^3$$

Segunda Lei para reg. uniforme

$$m_{\text{agua 2}} (u_{\text{agua 2}}) - m_e \cdot h_e = \frac{Q}{T} - S_{\text{ger}}$$

violacion irreversivel



$$m_{\text{agua 2}} = m_e$$

$$D_{\text{agua 2}} = h_e$$

$$u_e = 7,1359 \text{ kJ/kgK}$$

$$u_{\text{agua 2}} = 7,1359 \text{ kJ/kgK}$$

$$P_{\text{a 2}} = 1,4 \text{ MPa e } h_{\text{a 2}} = 7,1359$$

$$\rightarrow \text{Vapor superaqueado a } 350^\circ\text{C} \rightarrow v = 0,2002 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$V_{\text{2 agua}} = V_{1a} = V_{2a}$$

$$V_{2 \text{ agua}} = 0,09808 \text{ m}^3$$

$$m_{\text{agua}} = m_{\text{oxi}} \cdot \frac{v_2}{v} = 0,24311 \text{ kg}$$

Primeira Lei

$$m_{\text{agua}} (u_{\text{agua 2}}) - m_e h_e = Q_0 - W$$

$$m_{\text{agua}} (2869,12 - 3149,99) - (17,3551 + (W_{T_{v1}} + W_{T_{v2}}))$$

$$(W_{T_{v1}} + W_{T_{v2}}) = 50,81 \text{ kJ}$$

Parte 2



$$m u_2 - m h_e = Q_0 - W_0$$

$$0,24 \cdot u_2 = 0,24 \cdot 3149,99$$

$$P_2 = 1,4 \text{ MPa} \quad u_2 = 3149,99 \text{ kJ/kg}$$

$$T_2 = 510,378^\circ\text{C} \rightarrow \text{Integrando na tabela}$$

Segunda Lei para reg. uniforme

$$m \cdot u_2 - m \cdot h_e = S_{\text{ger}}$$

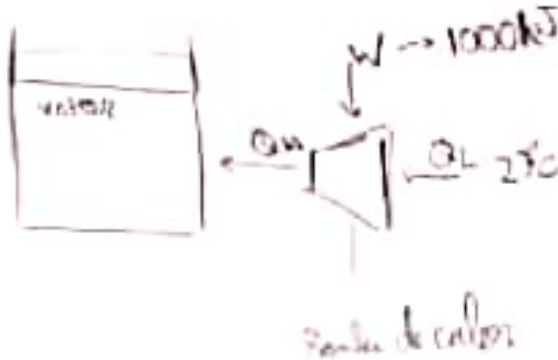
$$0,24 \cdot (7,04050 - 7,1359) = S_{\text{ger}}$$

$$S_{\text{ger}} = 0,1225584 \text{ kJ/K}$$

2ª Questão (Valor: 4,0 pontos)

Um conjunto cilindro pistão que opera a pressão constante contém vapor saturado seco a  $P_1 = 500 \text{ kPa}$ . Uma bomba de calor, que extrai calor do ambiente ( $T_u = 27^\circ\text{C}$ ), transfere calor para a água até que o volume final seja 26,56% maior do que o volume inicial. O trabalho necessário para acionar a bomba de calor é de 1000 kJ. Todos os processos são reversíveis. Determine:

- a) A temperatura final da água (0,5); ✓
- b) O trabalho realizado pela água sobre o pistão, por unidade de massa (0,5); ✓
- c) O calor fornecido pela bomba de calor, por unidade de massa da água (1,0); ✓
- d) A variação de entropia da água, por unidade de massa (1,0); ✓
- e) A massa de água contida no cilindro (1,0); ✓



Estado 1  
 Vapor saturado  
 $P_1 = 500 \text{ kPa}$   
 $v_1 = v_{\text{vapor}}$   
 $v_1 = 0,37489$   
 $m_1 = m$

Estado 2  
 $m_2 = m$   
 $v_2 = v_{\text{vapor}} \cdot 1,2656$   
 $v_2 = \frac{v_2}{m} \cdot \frac{v_1}{m} \cdot 1,2656$   
 $v_2 = 1,2656 v_1$   
 $v_2 = 0,47446$

Interpolando no tabela  
 vapor  
 $T_2 = 250,104^\circ\text{C}$

vapor saturado  
 $500 \text{ kPa}$

b)  $P = \Delta v = w$   
 $w = 49,785 \text{ kJ/kg}$

c) 1ª Lei para cilindro Pistão gás sistema



$$m(u_2 - u_1) = Q_H - W$$

$$u_2 - u_1 = q_H - w$$

$$2723,005 - 7501,23 = q_H - 49,785$$

$$q_H = 212,220 \text{ kJ/kg}$$

$$d) (s_2 - s_1) = 7,2712 - 0,8212 = 0,45 \text{ kJ/kgK}$$

$$e) Q_L + W = Q_H$$

$$m(0,45) = \frac{Q_L}{T_0}$$

$$m(0,45) = \frac{Q_H - W}{300}$$

$$m(0,45) = m \cdot \frac{212,220}{300} - \frac{1000}{300}$$

$$-m(0,2574) = -\frac{1000}{300}$$

$$m = 12,85001 \text{ kg}$$