

PME-2321 # TERMODINÂMICA

PROVA P2

02/06/2017

Gabarito P2 - 2017 - Q2 = 2a Lei Sistema = Fluido - Água + Ar

2a Questão (Valor: 5,0 pontos). Considere uma câmara cilíndrica fechada, com um pistão que divide a câmara em duas regiões. Uma delas contém ar e a outra água. O cilindro está isolado termicamente do ambiente, exceto na extremidade da região que contém água. O pistão é adiabático e não apresenta atrito. Inicialmente, quando o pistão está em equilíbrio mecânico, o volume de cada região é de 300 litros, o ar está a 50 °C e a água está a 90 °C, apresentando título igual a 5%. Uma bomba de calor reversível, que extrai calor do ambiente ($T_0 = 27$ °C), aquece a água até que a sua pressão atinja o valor de 500 kPa. Considerando-se que todos os processos são reversíveis e que os calores específicos do ar podem ser considerados constantes, determine: (a) A temperatura final do ar; (b) O trabalho realizado pela água sobre o ar; (c) O título final da água; (d) O calor fornecido à água pela bomba de calor; (e) A variação de entropia do sistema ar - água; (f) O trabalho necessário para acionar a bomba de calor.

$$T_{ag;1} = 90 + 273,15 \quad x_{ag;1} = 0,05 \quad Vol_{ag;1} = 0,3 \quad P_2 = 500$$

$$Vol_{ar;1} = 0,3 \quad T_{ar;1} = 50 + 273,15 \quad T_0 = 27 + 273,15$$

$$R_{ar} = 0,287 \quad C_{var} = 0,7165 \quad k = 1,4$$

$$v_{ag;1} = v \left[\text{Steam} ; T = T_{ag;1} ; x = x_{ag;1} \right] \quad P_1 = P_{\text{sat}} \left[\text{Steam} ; T = T_{ag;1} \right] \quad m_{ag} = \frac{Vol_{ag;1}}{v_{ag;1}}$$

$$m_{ar} = \frac{P_1 \cdot Vol_{ar;1}}{R_{ar} \cdot T_{ar;1}} \quad T_{ar;2} = T_{ar;1} \cdot \left[\frac{P_2}{P_1} \right]^{\frac{k-1}{k}} \quad m_{ar} = \frac{P_2 \cdot Vol_{ar;2}}{R_{ar} \cdot T_{ar;2}}$$

$$Vol_{ar;1} + Vol_{ag;1} = Vol_{ar;2} + Vol_{ag;2}$$

$$W_{ar} = \frac{P_2 \cdot Vol_{ar;2} - P_1 \cdot Vol_{ar;1}}{1 - k} \quad W_{ag} = -W_{ar}$$

$$v_{ag;2} = \frac{Vol_{ag;2}}{m_{ag}} \quad x_{ag;2} = x \left[\text{Steam} ; P = P_2 ; v = v_{ag;2} \right]$$

$$u_{ag;1} = u \left[\text{Steam} ; T = T_{ag;1} ; x = x_{ag;1} \right] \quad u_{ag;2} = u \left[\text{Steam} ; P = P_2 ; x = x_{ag;2} \right]$$

$$Q = m_{ag} \cdot [u_{ag;2} - u_{ag;1}] + m_{ar} \cdot C_{var} \cdot [T_{ar;2} - T_{ar;1}] \quad Q_{\text{verif}} = m_{ag} \cdot [u_{ag;2} - u_{ag;1}] + W_{ag}$$

$$s_{ag;1} = s \left[\text{Steam} ; T = T_{ag;1} ; x = x_{ag;1} \right] \quad s_{ag;2} = s \left[\text{Steam} ; P = P_2 ; x = x_{ag;2} \right]$$

$$DS_{ag} + DS_{\text{meio}} = 0 \quad W_{\text{bomba}} = Q - Q_L$$

$$DS_{ag} = m_{ag} \cdot [s_{ag;2} - s_{ag;1}] \quad DS_{\text{meio}} = \frac{-Q_L}{T_0}$$

Critério de Correção

$$(a) T_{ar;2}=0,8 \quad (b) W=0,8$$

$$(c) x_{ag;2}=0,8 \quad (d) u_{ag} = 0,2 \quad Q=0,6$$

$$(e) DS_{\text{sist}}=0,6 \quad (f) W_{\text{bomba}}=1,2$$

Equacionamento correto, implementação incorreta = 25% da nota do item

Equacionamento correto, cálculo incorreto = 50% da nota do item

Equacionamento correto, cálculo correto = 100% da nota do item.

SOLUTION

Unit Settings: SI K kPa kJ mass deg

$$C_{var} = 0,7165 \text{ [kJ/kg-K]}$$

$$k = 1,4 \text{ [-]}$$

$$P_1 = 70,12 \text{ [kPa]}$$

$$Q_L = 2353 \text{ [kJ]}$$

$$s_{ag,1} = 1,507 \text{ [kJ/kg-K]}$$

$$T_{ag,1} = 363,2 \text{ [K]}$$

$$u_{ag,1} = 482,7 \text{ [kJ/kg]}$$

$$Vol_{ag,2} = 0,5263 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$v_{ag,1} = 0,1191 \text{ [m}^3\text{/kg]}$$

$$W_{ar} = -39,59 \text{ [kJ]}$$

$$x_{ag,2} = 0,5559 \text{ [-]}$$

$$DS_{ag} = 7,84 \text{ [kJ/K]}$$

$$m_{ag} = 2,52 \text{ [kg]}$$

$$P_2 = 500 \text{ [kPa]}$$

$$Q_{verif} = 3127 \text{ [kJ]}$$

$$s_{ag,2} = 4,618 \text{ [kJ/kg-K]}$$

$$T_{ar,1} = 323,2 \text{ [K]}$$

$$u_{ag,2} = 1708 \text{ [kJ/kg]}$$

$$Vol_{ar,1} = 0,3 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$v_{ag,2} = 0,2089 \text{ [m}^3\text{/kg]}$$

$$W_{bomba} = 773,3 \text{ [kJ]}$$

$$DS_{meio} = -7,84 \text{ [kJ/K]}$$

$$m_{ar} = 0,2268 \text{ [kg]}$$

$$Q = 3126 \text{ [kJ]}$$

$$R_{ar} = 0,287 \text{ [kJ/kg-K]}$$

$$T_0 = 300,2 \text{ [K]}$$

$$T_{ar,2} = 566,4 \text{ [K]}$$

$$Vol_{ag,1} = 0,3 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$Vol_{ar,2} = 0,07374 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$W_{ag} = 39,59 \text{ [kJ]}$$

$$x_{ag,1} = 0,05 \text{ [-]}$$

No unit problems were detected.