PME3301 Termodinâmica - P Sub - Gabarito - 07/07/2017 - Q2 - Regime Uniforme- Ar

2a Questão (Valor 5 pontos). Um tanque rígido com volume interno de 1 m3 contém ar na condição ambiente (P1 = 100 kPa e T1 = T0 = 300 K). Este tanque está conectado a uma linha de ar comprimido de Pe = 12 MPa e Te =300 K C através de uma válvula, inicialmente fechada. A válvula é, então, aberta e o ar comprimido escoa para o tanque. A válvula é fechada quando o tanque atinge a pressão P2 = 10 MPa. Este processo de enchimento ocorre rapidamente e é essencialmente adiabático. Após o fechamento da válvula, o ar no tanque esfria lentamente até atingir a temperatura ambiente. Considerando-se que os calores específicos do ar são constantes, pede-se: (a) A temperatura do ar no tanque ao término do enchimento (T2); (b) A massa total de ar no tanque após o enchimento (m2); (c) A pressão final do tanque (P3), após o resfriamento até a temperatura ambiente; (d) O calor transferido durante o processo de resfriamento (Q);(e) A variação líquida de entropia (DSliq).

$P_2 = 10000$ $V = 1$ $P_1 = 100$ $T_1 = 300$ $P_e = 12000$

$T_e = 300$ $k = 1{,}4$ $C_p = 1{,}0035$ $C_v = 0{,}7165$ $R = 0{,}287$

Massa inicial no tanque

$$m_1 = P_1 \cdot \frac{V}{R \cdot T_1}$$

a - Temperatura final de enchimento - Processo uniforme = Primeira lei : $m_e*h_e=m_2*u_2-m_1*u_1$

*Hipótese 1 *H1) : calores específicos constantes : H1 : $(m_2-m_1)*C_p*T_e=(V/R)*((P_{2/T,2})*C_v*T_2-(P_{1/T,1})*C_v*T_1)$*

$$\frac{V}{R} \cdot \left[\frac{P_2}{T_{2;H1}} - \frac{P_1}{T_1}\right] \cdot C_p \cdot T_e = \frac{V}{R} \cdot \left[\frac{P_2}{T_{2;H1}} \cdot C_v \cdot T_{2;H1} - \frac{P_1}{T_1} \cdot C_v \cdot T_1\right]$$

Hipótese 2 (H2) : calores específicos variáveis

$$\frac{V}{R} \cdot \left[\frac{P_2}{T_{2;H2}} - \frac{P_1}{T_1}\right] \cdot \mathbf{h}\left[Air\ ;T = T_e\right] = \frac{V}{R} \cdot \left[\frac{P_2}{T_{2;H2}} \cdot \mathbf{u}\left(Air\ ;T = T_{2;H2}\right) - \frac{P_1}{T_1} \cdot \mathbf{u}\left(Air\ ;T = T_1\right)\right]$$

b - Massa armazenada

$$m_{2;H1} = P_2 \cdot \frac{V}{R \cdot T_{2;H1}} \qquad m_{2;H2} = P_2 \cdot \frac{V}{R \cdot T_{2;H2}}$$

c - Pressão final após resfriamento

$$T_3 = 300 \qquad \frac{P_{3;H1}}{T_3} = \frac{P_2}{T_{2;H1}} \qquad \frac{P_{3;H2}}{T_3} = \frac{P_2}{T_{2;H2}}$$

d - Transferência de calor : $Q=U_3-U_2$

$$Q_{H1} = m_{2;H1} \cdot C_v \cdot \left[T_3 - T_{2;H1}\right] \qquad Q_{H2} = m_{2;H2} \cdot \left[\mathbf{u}\left(Air\ ;T = T_3\right) - \mathbf{u}\left(Air\ ;T = T_{2;H2}\right)\right]$$

e - Variação total de entropia - 2a Lei VC Regime Uniforme: $DS_{liq}=m_2*s_3-m_1*s_1-m_e*s_e=m_e*(s_3 - s_e)+m_1*(s_3 - s_1)$

$$m_{e;H1} = m_{2;H1} - m_1 \qquad m_{e;H2} = m_{2;H2} - m_1$$

$$-DS_{liq;H1} = m_{e;H1} \cdot R \cdot \mathbf{ln}\left[\frac{P_{3;H1}}{P_e}\right] + m_1 \cdot R \cdot \mathbf{ln}\left[\frac{P_{3;H1}}{P_1}\right]$$

$$-DS_{liq;H2} = m_{e;H2} \cdot R \cdot \mathbf{ln}\left[\frac{P_{3;H2}}{P_e}\right] + m_1 \cdot R \cdot \mathbf{ln}\left[\frac{P_{3;H2}}{P_1}\right]$$

Critério de Correção

a) $m_1 = 0{,}5$ Eq. RU = 0,5 $T_2=1{,}0$
b) $m_2 = 0{,}5$
c) $P_2=0{,}5$
d) Q=1,0

e) Eq. DS = 0,5 $DS_{liq} = 0,5$

SOLUTION

Unit Settings: SI K kPa kJ mass deg

C_p = 1,004 [kJ/kg-K]	C_v = 0,7165 [kJ/kg-K]	$DS_{liq,H1}$ = 10,71 [kJ/K]
$DS_{liq,H2}$ = 10,69 [kJ/K]	k = 1,4 [-]	m_1 = 1,161 [kg]
$m_{2,H1}$ = 83,26 [kg]	$m_{2,H2}$ = 83,44 [kg]	$m_{e,H1}$ = 82,1 [kg]
$m_{e,H2}$ = 82,28 [kg]	P_1 = 100 [kPa]	P_2 = 10000 [kPa]
$P_{3,H1}$ = 7169 [kPa]	$P_{3,H2}$ = 7184 [kPa]	P_e = 12000 [kPa]
Q_{H1} = -7069 [kJ]	Q_{H2} = -7086 [kJ]	R = 0,287 [kJ/kg-K]
T_1 = 300 [K]	$T_{2,H1}$ = 418,5 [K]	$T_{2,H2}$ = 417,6 [K]
T_3 = 300 [K]	T_e = 300 [K]	V = 1 [m^3]

No unit problems were detected.