

Termodinâmica (EQE-359) – Lista de exercícios I

1) Uma corrente de 2 kg/s de benzeno a 3 bar e 25 °C é aquecida até 100 °C num trocador de calor. Se o fluido se comporta de acordo com a equação de estado de van der Waals, calcule a taxa de troca de calor. Dados:  $R = 8,314 \text{ J/(mol.K)}$ ;  $M = 78,1 \text{ g/mol}$ ;  $T_c = 562,2 \text{ K}$ ;  $P_c = 49,0 \text{ bar}$ ;  $C_p^{gi}/R = -0,21 + 3,91 \cdot 10^{-2} T - 1,33 \cdot 10^{-5} T^2$  (T em K). Resposta: 561,16 kW.

2) Calcule as variações de entalpia e entropia da água na mudança de estado de 1 bar e 25 °C para 1000 bar e 50 °C. Dados: Resposta: 3,40 kJ/mol e 5,13 J/(mol.K).

T [°C]	P [bar]	$C_p$ [J/(mol.K)]	V [cm <sup>3</sup> /mol]	$\beta$ [ $10^{-4} \text{ K}^{-1}$ ]
25	1	75,30	18,07	2,56
25	1000	–	18,01	3,66
50	1	75,31	18,23	4,58
50	1000	–	18,17	5,68

3) Calcule a entalpia e a energia interna do benzeno a 2 atm e 200 °C, adotando como estado padrão de entalpia o líquido saturado a 2 atm. Dados:  $T_c$  e  $C_p^{gi}$  (exercício 1);  $\ln(P^{sat}) = 15,9 - 2788,5 / (T - 52,4)$  ( $P^{sat}$  em mmHg, T em K); 1 atm = 760 mmHg; 1 cal = 4,184 J; o gás se comporta idealmente. Resposta: 38,85 e 34,92 kJ/mol.

4) Uma corrente de n-hexano líquido saturado a 3 atm entra num evaporador e é convertida em vapor saturado, o qual é alimentado num compressor, cuja saída é uma corrente de 300 L/min a 10 atm. Com base na correlação generalizada para o segundo coeficiente do virial, calcule as taxas de troca de calor e trabalho do processo. Dados:  $T_c = 507,6 \text{ K}$ ;  $P_c = 29,8 \text{ atm}$ ;  $\omega = 0,301$ ;  $C_p(10 \text{ atm}) = 10 \text{ cal/(mol.K)}$ ;  $\log(P^{sat}) = 7,01 - 1246 / (T + 233,0)$  ( $P^{sat}$  em mmHg, T em °C); o compressor opera reversivelmente. Resposta: 31,37 e 5,23 kW.

5) Uma corrente de propeno a 2 bar e com qualidade de 60% entra num trocador de calor, cuja saída é alimentada num compressor com eficiência de 80%. A saída do compressor está a 20 bar e 300 °C. Com base no diagrama PH do propeno, estime a temperatura da alimentação do compressor e as quantidades de calor e trabalho envolvidas no processo. Resposta: 155 °C; 440 e 300 kJ/kg.

6) Um misturador recebe duas correntes da mesma substância líquida: uma de 200 mol/min a 300 K e outra de 100 mol/min a 500 K. Dado:  $C_p = 5 + 0,02 T$  ( $C_p$  em cal/(mol.K), T em K).

a) Se o misturador é operado adiabaticamente, calcule a temperatura da saída e a variação de entropia do processo (por mol de saída). Resposta: 373,83 K e 0,392 cal/(mol.K).

b) Se a temperatura da saída é 500 K, calcule a taxa de troca de calor no misturador. Resposta: 520,01 kcal/min.

7) Um tanque de  $2 \text{ m}^3$ , inicialmente vazio, é carregado com  $100 \text{ kg}$  de HFC-134a a partir de uma corrente a  $1 \text{ MPa}$  e  $130 \text{ }^\circ\text{C}$ , até a pressão no interior do tanque se igualar à da alimentação. Com base no diagrama PH do HFC-134a, estime a quantidade de calor envolvida no processo. Resposta:  $-115 \text{ kJ/kg}$ .

8) Uma corrente de fluido a  $15 \text{ atm}$  e com qualidade de  $50\%$  entra num evaporador, cuja saída está superaquecida em  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ . Esta corrente é alimentada numa válvula, cuja saída é uma corrente gasosa de  $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$  a  $2 \text{ atm}$ . Calcule a taxa de troca de calor e a temperatura da saída do processo. Dados: equação de estado  $P = R T / (V - b)$ ;  $b = 10^{-4} \text{ m}^3/\text{mol}$ ;  $P^{\text{sat}} = 30 \exp(7 - 3500 / T)$  ( $P^{\text{sat}}$  em atm,  $T$  em K);  $C_p^g = 8 \text{ cal}/(\text{mol.K})$ ;  $T_c = 500 \text{ K}$ . Resposta:  $48,20 \text{ kW}$  e  $508,88 \text{ K}$ .

9) Numa planta de potência a vapor operando no ciclo de Rankine regenerativo (esquema do item 13c), a corrente 2 é de  $100 \text{ kg/s}$  e está a  $2500 \text{ kPa}$  e  $600 \text{ }^\circ\text{C}$ , a corrente 3 está a  $50 \text{ kPa}$ , a corrente 4 é de líquido saturado, a corrente 5 está a  $250 \text{ kPa}$ , a corrente 6 está a aproximadamente  $76 \text{ }^\circ\text{C}$ , a turbina e a bomba ( $4 \rightarrow 1$ ) têm eficiência de  $80\%$  e a bomba ( $6 \rightarrow 7$ ) opera reversivelmente. Com base na tabela de propriedades do vapor d'água, calcule a taxa de fornecimento de calor na caldeira, a taxa de obtenção de trabalho na turbina e a eficiência da planta. Resposta:  $314,68$  e  $-81,06 \text{ MW}$ ;  $0,257$ .