

PROVA FINAL DE TERMODINÂMICA de 2014 (Prof. Frederico W. Tavares)

1) (40 pontos) Uma mistura entra em um trocador de calor, em estado de líquido saturado (duas fases líquidas e um infinitésimo de vapor), contendo 60 mols/min de n-hexano, 40 mols/min de n-octano e 40 mols/min de água a 1 atm. A corrente de saída do trocador de calor é tal que o sistema apresenta apenas uma gota infinitesimal de líquido. Sabe-se que a fase aquosa e a fase orgânica são completamente imiscíveis na fase líquida e que a fase gasosa se comporta como gás ideal. Fazendo-se as suposições pertinentes, calcular: a) **as temperaturas das correntes de entrada e de saída e;** b) **a taxa de calor (aproximada) envolvida no processo.**

Dados: $P^{SAT} = P_c \exp[5,4(w+1)(1-T_c/T)]$ $\Delta S_n^{VAP} \text{ (cal / g molK)} = 8,0 + 1,987 \ln(T_n)$

| Compostos | T _c (K) | P _c (atm) | w | < C _p > ^v (cal / g molK) | < C _p > ^L (cal / g molK) |
|-----------|--------------------|----------------------|------|--|--|
| água | 647 | 220 | 0,34 | 28 | 35 |
| n-hexano | 508 | 30 | 0,30 | 20 | 25 |
| n-octano | 569 | 25 | 0,40 | 19 | 22 |

2) (30 pontos) Um tanque contém uma mistura de tetracloreto de carbono (1) e ácido acético (2) a 25 °C. A mistura na fase líquida é bem descrita com os seguintes coeficientes de atividade $RT \ln \gamma_1 = Ax_2^2$ e $RT \ln \gamma_2 = Ax_1^2$ (em que A é independente de T). Sabe-se que as pressões de vapor a 25°C são $P^{SAT}(1) = 0,12 \text{ bar}$ e $P^{SAT}(2) = 0,016 \text{ bar}$. Sabe-se, também, que os coeficientes de atividade a 25°C na diluição infinita são, respectivamente $\ln \gamma_1^\infty = 1,5$ e $\ln \gamma_2^\infty = 1,5$

a) **Calcule o calor e a entropia de mistura para uma mistura de 60% de ácido acético a 25°C e 5 bar.**

b) **Calcule a faixa de pressão que o tanque apresenta equilíbrio L-V.**

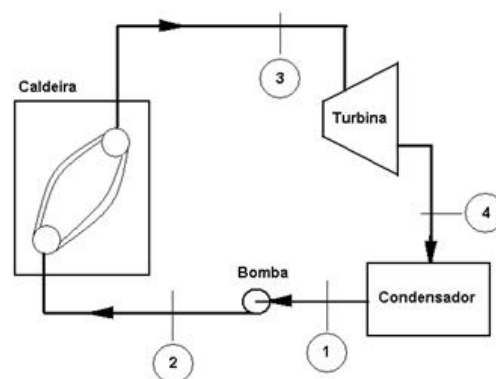
c) **A mistura apresenta azeotropismos a 25 °C? Se sim, qual é a composição?**

3) (30 pontos) Uma central térmica, a vapor, opera de acordo com o ciclo de Rankine como mostrado ao lado. A turbina recebe vapor d'água a 100kPa e 700°C. A pressão de descarga desta é igual a 10kPa. Sabe-se que a **corrente 1** é líquido saturado e que a eficiência da bomba é de 100 %. A vazão volumétrica de vapor que sai da caldeira é de 200m³/h (**corrente 3**). Nestas condições operacionais, a potência elétrica produzida é igual a 21750 kJ/h.

a) **Qual a eficiência desta turbina?**

b) **As propriedades termodinâmicas das correntes?**

c) **Qual a potência térmica do ciclo?**



$$dU = TdS - PdV + \sum_i \mu_i dN_i$$

$$dH = TdS + VdP + \sum_i \mu_i dN_i$$

$$y_i P = x_i \gamma_i P_i^{SAT}$$

$$dA = -SdT - PdV + \sum_i \mu_i dN_i$$

$$dG = -SdT + VdP + \sum_i \mu_i dN_i$$

$$\Delta S_n^{VAP} = 8,0 + 1,987 \ln(T_n)$$

$$dH = C_p dT + [V - T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P] dP$$

$$dS = \left(\frac{C_p}{T} \right) dT - \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P dP$$

$$\hat{f}_i = x_i \hat{\phi}_i P = x_i \gamma_i f_i^0$$

$$K = \exp \left(\frac{-\Delta G^0}{RT} \right) = \prod_i \hat{a}_i^{\nu_i}$$

$$\frac{\Delta H_2^{VAP}}{\Delta H_1^{VAP}} = \left(\frac{T_2 - T_c}{T_1 - T_c} \right)^{0,38}$$

$$\left(\frac{\partial \bar{G}_T}{\partial T} \right)_P = -\frac{\bar{H}}{T^2}$$

$$R = 1,987 \text{ cal / (g molK)} = 82,05 \text{ (atm cm}^3 \text{) / (g molK)} = 0,082 \text{ (atm L) / (g molK)} = 8,31 \text{ J / (g molK)}$$

$$\frac{d(mU)_S}{dt} = \sum_j^{\text{entradas}} \dot{m}_j \left(H_j + \frac{v_j^2}{2} + gz_j \right) - \sum_i^{\text{saídas}} \dot{m}_i \left(H_i + \frac{v_i^2}{2} + gz_i \right) + \dot{Q} + \dot{W}_S$$

Água saturada: tabela em função da pressão

| Pressão kPa | Temp. °C | Volume específico (m³/kg) | | Energia interna (kJ/kg) | | | Entalpia (kJ/kg) | | | Entropia (kJ/kg K) | | |
|----------------|-------------|------------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| | | Líquido sat. | Vapor sat. | Líquido sat. | Evap. | Vapor sat. | Líquido sat. | Evap. | Vapor sat. | Líquido sat. | Evap. | Vapor sat. |
| <i>P</i> | <i>T</i> | <i>v_l</i> | <i>v_v</i> | <i>u_l</i> | <i>u_{lv}</i> | <i>u_v</i> | <i>h_l</i> | <i>h_{lv}</i> | <i>h_v</i> | <i>s_l</i> | <i>s_{lv}</i> | <i>s_v</i> |
| 10 | 45,81 | 0,001010 | 14,67355 | 191,79 | 2246,10 | 2437,89 | 191,81 | 2392,82 | 2584,63 | 0,6492 | 7,5010 | 8,1501 |
| 15 | 53,97 | 0,001014 | 10,02218 | 225,90 | 2222,83 | 2448,73 | 225,91 | 2373,14 | 2599,06 | 0,7548 | 7,2536 | 8,0084 |
| 20 | 60,06 | 0,001017 | 7,64937 | 251,35 | 2205,36 | 2456,71 | 251,38 | 2358,33 | 2609,70 | 0,8319 | 7,0766 | 7,9085 |
| 25 | 64,97 | 0,001020 | 6,20424 | 271,88 | 2191,21 | 2463,08 | 271,90 | 2346,29 | 2618,19 | 0,8930 | 6,9383 | 7,8313 |
| 30 | 69,10 | 0,001022 | 5,22918 | 289,18 | 2179,22 | 2468,40 | 289,21 | 2336,07 | 2625,28 | 0,9439 | 6,8247 | 7,7686 |
| 40 | 75,87 | 0,001026 | 3,99345 | 317,51 | 2159,49 | 2477,00 | 317,55 | 2319,19 | 2636,74 | 1,0258 | 6,6441 | 7,6700 |
| 50 | 81,33 | 0,001030 | 3,24034 | 340,42 | 2143,43 | 2483,85 | 340,47 | 2305,40 | 2645,87 | 1,0910 | 6,5029 | 7,5939 |
| 75 | 91,77 | 0,001037 | 2,21711 | 394,29 | 2112,39 | 2496,67 | 384,36 | 2278,59 | 2662,96 | 1,2129 | 6,2434 | 7,4563 |
| 100 | 99,62 | 0,001043 | 1,69400 | 417,33 | 2088,72 | 2506,06 | 417,44 | 2258,02 | 2675,46 | 1,3025 | 6,0568 | 7,3593 |
| 125 | 105,99 | 0,001048 | 1,37490 | 444,16 | 2069,32 | 2513,48 | 444,30 | 2241,05 | 2685,35 | 1,3739 | 5,9104 | 7,2843 |
| 150 | 111,37 | 0,001053 | 1,15933 | 466,92 | 2052,72 | 2519,64 | 467,08 | 2226,46 | 2693,54 | 1,4335 | 5,7897 | 7,2232 |
| 175 | 116,06 | 0,001057 | 1,00363 | 486,78 | 2038,12 | 2524,90 | 486,97 | 2213,57 | 2700,53 | 1,4848 | 5,6868 | 7,1717 |
| 200 | 120,23 | 0,001061 | 0,88573 | 504,47 | 2025,02 | 2529,49 | 504,68 | 2201,96 | 2706,63 | 1,5300 | 5,5970 | 7,1271 |
| 225 | 124,00 | 0,001064 | 0,79325 | 520,45 | 2013,10 | 2533,56 | 520,69 | 2191,35 | 2712,04 | 1,5705 | 5,5173 | 7,0878 |
| 250 | 127,43 | 0,001067 | 0,71871 | 535,08 | 2002,14 | 2537,21 | 535,34 | 2181,55 | 2716,89 | 1,6072 | 5,4455 | 7,0526 |
| 275 | 130,60 | 0,001070 | 0,65731 | 548,57 | 1991,95 | 2540,53 | 548,87 | 2172,42 | 2721,29 | 1,6407 | 5,3801 | 7,0208 |
| 300 | 133,55 | 0,001073 | 0,60582 | 561,13 | 1982,43 | 2543,55 | 561,45 | 2163,85 | 2725,30 | 1,6717 | 5,3201 | 6,9918 |

Tabela B.1.3

Vapor d'água superaquecido

| <i>T</i> | <i>v</i> (m³/kg) | <i>u</i> (kJ/kg) | <i>h</i> (kJ/kg) | <i>s</i> (kJ/kg K) | <i>v</i> (m³/kg) | <i>u</i> (kJ/kg) | <i>h</i> (kJ/kg) | <i>s</i> (kJ/kg K) | <i>v</i> (m³/kg) | <i>u</i> (kJ/kg) | <i>h</i> (kJ/kg) | <i>s</i> (kJ/kg K) |
|---------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| <i>P</i> = 10 kPa (45,81) | | | | | <i>P</i> = 50 kPa (81,33) | | | | <i>P</i> = 100 kPa (99,62) | | | |
| Sat. | 14,67355 | 2437,89 | 2584,63 | 8,1501 | 3,24034 | 2483,85 | 2645,87 | 7,5939 | 1,69400 | 2506,06 | 2675,46 | 7,3593 |
| 50 | 14,86920 | 2443,87 | 2592,56 | 8,1749 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 100 | 17,19561 | 2515,50 | 2687,46 | 8,4479 | 3,41833 | 2511,61 | 2682,52 | 7,6947 | - | - | - | - |
| 150 | 19,51251 | 2587,86 | 2782,99 | 8,6881 | 3,88937 | 2585,61 | 2780,08 | 7,9400 | 1,93636 | 2582,75 | 2776,38 | 7,6133 |
| 200 | 21,82507 | 2661,27 | 2879,52 | 8,9037 | 4,35595 | 2659,85 | 2877,64 | 8,1579 | 2,17226 | 2658,05 | 2875,27 | 7,8342 |
| 250 | 24,13559 | 2735,95 | 2977,31 | 9,1002 | 4,82045 | 2734,97 | 2975,99 | 8,3555 | 2,40604 | 2733,73 | 2974,33 | 8,0332 |
| 300 | 26,44508 | 2812,06 | 3076,51 | 9,2812 | 5,28391 | 2811,33 | 3075,52 | 8,5372 | 2,63876 | 2810,41 | 3074,28 | 8,2157 |
| 400 | 31,06252 | 2968,89 | 3279,51 | 9,6076 | 6,20929 | 2968,43 | 3278,89 | 8,8641 | 3,10263 | 2967,85 | 3278,11 | 8,5434 |
| 500 | 35,67896 | 3132,26 | 3489,05 | 9,8977 | 7,13364 | 3131,94 | 3488,62 | 9,1545 | 3,56547 | 3131,54 | 3488,09 | 8,8341 |
| 600 | 40,29488 | 3302,45 | 3705,40 | 10,1608 | 8,05748 | 3302,22 | 3705,10 | 9,4177 | 4,02781 | 3301,94 | 3704,72 | 9,0975 |
| 700 | 44,91052 | 3479,63 | 3928,73 | 10,4028 | 8,98104 | 3479,45 | 3928,51 | 9,6599 | 4,48986 | 3479,24 | 3928,23 | 9,3398 |