



LISTA DE EXERCÍCIOS I

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

Engenharia das Reações Químicas

Engenharia Química – 25/11/2017

Prof. Irineu Petri Júnior



1) A reação endotérmica elementar em fase líquida $A + B \rightarrow 2C$ prossegue essencialmente até o seu término, em um único reator agitado contínuo, encamisado e aquecido com vapor (Tabela 1). Considerando os dados seguintes, calcule a temperatura do reator para o regime estacionário:

- Volume do reator: 125 gal
- Área da camisa de vapor: 10 ft²
- Vapor da camisa: 150 psig (temperatura de saturação de 365,9°F)
- Coeficiente global de transferência de calor da camisa: $U = 150 \text{ Btu/lbmol.ft}^2.\text{°F}$
- Potência do agitador: 25 HP
- Entalpia de reação, $\Delta H_R^\circ = 20.000 \text{ Btu/lbmol.ft}^2.\text{°F}$ (independente da temperatura)

Tabela 1

	Componente		
	A	B	C
Alimentação (lbmol/h)	10	10	0
Temperatura da alimentação (°F)	80	80	-
Calor específico cte (Btu/lbmol.°F)	51	44	47,5
Massa molecular	128	94	-
Massa específica (lb/ft ³)	63	67,2	65

2) A reação elementar, irreversível, em fase líquida orgânica, $A + B \rightarrow C$ é conduzida adiabaticamente em um reator de escoamento contínuo. Uma alimentação equimolar de A e B entra a 27°C, e a vazão volumétrica é de 2 dm³/s.

- Calcule para um PFR e para um CSTR o volume necessário para se alcançar 85% de conversão.
- Qual é a máxima temperatura de entrada que se poderia ter de forma que o ponto de ebulição do líquido (550K) não fosse ultrapassado mesmo para a conversão completa?
- Calcule a conversão que pode ser alcançada em um CSTR de 500 dm³ e em dois CSTR de 250 dm³ em série.

Informações adicionais:

- $H_A^\circ (273\text{K}) = -20 \text{ kcal/mol}$
- $H_B^\circ (273\text{K}) = -15 \text{ kcal/mol}$
- $H_C^\circ (273\text{K}) = -41 \text{ kcal/mol}$
- $C_{A0} = 0,1 \text{ kmol/m}^3$
- $C_{pA} = C_{pB} = 15 \text{ cal/mol.K}$
- $C_{pC} = 30 \text{ cal/mol.K}$
- $k(273\text{K}) = 0,01 \text{ dm}^3/\text{mol.s}$
- $E_a = 10.000 \text{ cal/mol}$

3) A reação elementar irreversível em fase gasosa, $A \rightarrow B + C$ é conduzida adiabaticamente em um PFR recheado com um catalisador. Reagente A puro entra no reator a uma vazão volumétrica de $20 \text{ dm}^3/\text{s}$, pressão de 10 atm e a uma temperatura de 450K.

a) Qual é a massa de catalisador necessária para se alcançar 80% de conversão em um CSTR?

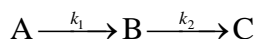
b) Refaça os cálculos para o caso onde o calor é removido por um trocador de calor encamisado ao reator. A vazão do fluido refrigerante pela camisa é suficientemente alta para que a temperatura interna do trocador seja mantida constante a 50°C . Assuma uma massa de catalisador de 80 kg, $UA = 500 \text{ J/s.K}$ e $\rho_{\text{cat}} = 1 \text{ kg/m}^3$. Encontre X e T para a operação nesta configuração de reator.

Informações adicionais:

- $H_A^\circ(273\text{K}) = -70 \text{ kJ/mol}$
- $H_B^\circ(273\text{K}) = -50 \text{ kJ/mol}$
- $H_C^\circ(273\text{K}) = -40 \text{ kJ/mol}$
- $C_{pA} = 40 \text{ J/mol.K}$
- $C_{pB} = 25 \text{ J/mol.K}$
- $C_{pC} = 15 \text{ J/mol.K}$
- $k = 0,133 \exp\left[\frac{31,4}{R}\left(\frac{1}{450} - \frac{1}{T}\right)\right] \frac{\text{dm}^3}{\text{kg}_{\text{cat}} \cdot \text{s}}$

Dica: B.M. $\rightarrow \frac{dX}{dW} = \frac{-r_A'}{F_{A0}}$

4) As reações elementares abaixo estão ocorrendo em fase líquida em um CSTR de 10 L.



O reator é alimentado com 1000 L min^{-1} da espécie A pura a 283 K na concentração de $0,3 \text{ mol L}^{-1}$. Calcule a concentração do efluente.

Informações adicionais:

- $k_1(300 \text{ K}) = 3,03 \text{ min}^{-1}$ $E_{a1} = 9,9 \text{ kcal mol}^{-1}$
- $k_2(500 \text{ K}) = 4,58 \text{ min}^{-1}$ $E_{a2} = 27 \text{ kcal mol}^{-1}$
- $\Delta H_{R1} = -55 \text{ kJ por mol de A reagido}$
- $\Delta H_{R2} = -71,5 \text{ kJ por mol de B reagido}$
- $C_{PA} = C_{PB} = C_{PC} = 200 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- $UA = 40 \text{ kJ min}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- $T_a = 57^\circ\text{C}$

5) Reações paralelas em um PFR com efeitos térmicos.



O reagente A é alimentado puro a 150°C e com vazão molar de 100 mol s^{-1} com concentração de $0,1 \text{ mol L}^{-1}$. Determine as equações diferenciais que devem ser resolvidas para solucionar o problema.

Informações adicionais:

- $\Delta H_{R1} = -20.000 \text{ J por mol de A reagido}$
- $\Delta H_{R2} = -60.000 \text{ J por mol de A reagido}$

- $C_{PA} = 90 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- $C_{PB} = 90 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- $C_{PC} = 180 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- $U_{cA} = 4.000 \text{ J m}^{-3} \text{ s}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- $T_a = 100 \text{ }^\circ\text{C}$

$$k_1 = 10 \exp \left[\frac{8000}{1,987} \left(\frac{1}{300} - \frac{1}{T} \right) \right] \text{ s}^{-1}$$

$$k_2 = 0,09 \exp \left[\frac{18000}{1,987} \left(\frac{1}{300} - \frac{1}{T} \right) \right] \text{ L mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

6) A reação elementar reversível $A \rightleftharpoons B$ é conduzida em um CSTR. Plote as curvas de calor gerado e calor removido num mesmo gráfico.

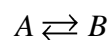
a) Quantos regimes estacionários múltiplos existem?

b) Qual o efeito de se mudar a temperatura de ar, T_a de inverno a verão, sobre os regimes estacionários múltiplos?

Informações adicionais:

- $\Delta H_R^\circ = -80 \text{ kJ/mol}$
- $F_{A0} = 10 \text{ mol/s}$
- $C_{A0} = 2 \text{ mol/L}$
- $UA = 2000 \text{ J/s.K}$
- $V = 500 \text{ L}$
- $T_a = 40^\circ\text{C}$
- $k(373\text{K}) = 0,001 \text{ 1/s}$
- $C_{pA} = C_{pB} = 40 \text{ J/mol.K}$
- $E_a = 150 \text{ kJ/mol}$
- $K_e(350\text{K}) = 100$
- $T_0 = 27^\circ\text{C}$

7) Considere a seguinte reação elementar ocorrendo em um reator adiabático, com A entrando puro e à uma temperatura de 300K:



a) Faça um gráfico da conversão de equilíbrio em função da temperatura

b) Determine T e X_e .

Informações adicionais:

- $H_A^0(320 \text{ K}) = -20.000 \text{ cal mol}^{-1}$
- $H_B^0(320 \text{ K}) = -50.000 \text{ cal mol}^{-1}$
- $C_{PA} = 20 \text{ cal mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- $C_{PB} = 40 \text{ cal mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- $K_e(320 \text{ K}) = 300.000$