**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

REITORIA

Avenida Rio Branco, 50 – Santa Lúcia – 29056-255 – Vitória – ES

27 3357-7500

# CONCURSO PÚBLICO
# EDITAL Nº 03 / 2015

## Professor do Magistério do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico

| | |
|---|---|
| **ÍNDICE DE INSCRIÇÃO** | 314 |
| **CAMPUS** | Vila Velha |
| **ÁREA/SUBÁREA** | Engenharia Química II |

## PROVA DE CONHECIMENTOS ESPECÍFICOS | DISCURSIVA
## MATRIZ DE CORREÇÃO

### QUESTÃO 01

Partindo da equação geral do balanço molar e baseado nas suposições para cada tipo de reator encontre a equação de projeto para os seguintes reatores ideais: CSTR (Reator de Mistura Perfeita); PFR (Reator com Escoamento Pistonado) e BATCH (Reator Batelada).

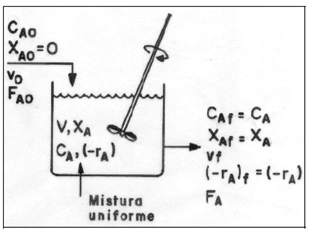
**Reator CSTR**

Entrada = saída + consumo + acúmulo

Considerações:
- não há acúmulo;
- existe entrada e saída;
- as condições de reação são constantes;
- as composições de entrada e saída são iguais.

Portanto:

Entrada = saída + consumo



$$\text{entrada de A,mol/tempo} = F_{A_0}\left(1-X_{A_0}\right)=F_{A_0}$$

$$\text{saída de A, mol/tempo} = F_A = F_{A_0}\left(1-X_A\right);$$

$$\begin{pmatrix}\text{consumo de A}\\ \text{pela reação,}\\ \text{mol/tempo}\end{pmatrix}(-r_A)V = \left(\frac{\text{moles de reagente A}}{(\text{tempo})\begin{pmatrix}\text{volume do fluido}\\ \text{reagente}\end{pmatrix}}\right)\begin{pmatrix}\text{volume do reator}\\ \text{ocupado pelo fluido}\\ \text{reagente}\end{pmatrix}$$

$$\text{entrada} = \text{saída} + \text{consumo}$$

$$F_{A_0} = F_{A_0} - F_{A_0}X_A + (-r_A)V$$

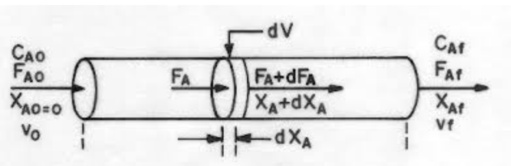
$$F_{A_0}X_A = (-r_A)V \qquad \Rightarrow \qquad \boxed{V = \frac{F_{A_0}X_A}{(-r_A)}}$$

**Reator PFR**

Entrada = saída + consumo + acúmulo

Considerações:
- não há acúmulo;
- não há difusão no seu interior;
- a composição varia na direção axial.

Portanto,
Entrada = saída + consumo




entrada de A, moles/tempo = $F_A$;

saída de A, moles/tempo = $F_A + dF_A$;

$$\begin{pmatrix}\text{consumo de A}\\ \text{pela reação}\\ \text{moles/tempo}\end{pmatrix} = (-r_A)dV = \left(\frac{\text{moles de reagente A}}{(\text{tempo})(\text{volume do fluido reagente})}\right) * \begin{pmatrix}\text{volume do fluido na seção}\\ \text{do reator considerada}\end{pmatrix}$$

(entrada) = (saída) + (consumo)

$$F_A = F_A + dF_A + (-r_A)\,dV$$

$$(-r_A)\,dV = (-)\,dF_A$$

$$\rightarrow \text{mas}\;\; dF_A = d\left[F_{A_0}(1-X_A)\right] = (-)F_{A_0}\,dX_A$$

$$\rightarrow \text{então}:\; (-r_A)\,dV = F_{A_0}\,dX_A$$

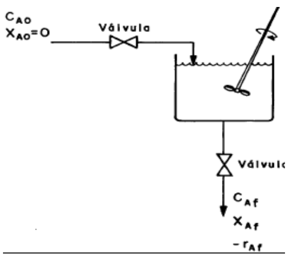
$$\int_0^V dV = F_{A_0}\int_0^{X_A}\frac{dX_A}{(-r_A)} \qquad \Rightarrow \qquad \boxed{V = F_{A_0}\int_0^{X_A}\frac{dX_A}{(-r_A)}}$$

**Reator BATCH**

Entrada = saída + reage + acúmulo

Considerações:
- não existe  nem entrada nem saída de massa;
- as propriedades da mistura não variam com o tempo;
- a taxa de reação é constante.

Portanto:
+ reage = - acúmulo




$$(+)\begin{pmatrix}\text{Velocidade de consumo}\\ \text{do reagente A dentro}\\ \text{do reator devido}\\ \text{à reação química}\end{pmatrix} = (-)\begin{pmatrix}\text{Velocidade acúmulo}\\ \text{do reagente A dentro}\\ \text{do reator}\end{pmatrix}$$

$$[\text{Re}\,age] = \begin{pmatrix}\text{consumo de A}\\ \text{pela reação}\\ \text{(moles/tempo)}\end{pmatrix} = (-r_A)V = \left(\frac{\text{moles do reagente A}}{(\text{tempo})(\text{volume do fluido reagente})}\right)\begin{pmatrix}\text{volume do reator}\\ \text{ocupado pela}\\ \text{mistura reagente}\end{pmatrix}$$

$$[acúmulo] = \begin{pmatrix}\text{acúmulo de A}\\ \text{(moles/tempo)}\end{pmatrix} = \frac{dN_A}{dt} = \frac{d\left[N_{A_0}(1-X_A)\right]}{dt} = -N_{A_0}\frac{dX_A}{dt}$$

$$(-r_A)V = \frac{dN_A}{dt} \qquad \Rightarrow \qquad (-r_A)V = (-)\left[(-)N_{A_0}\frac{dX_A}{dt}\right]$$

$$dt = \frac{N_{A_0}\,dX_A}{(-r_A)V} \qquad \Rightarrow \qquad \boxed{t = N_{A_0}\int_0^{X_A}\frac{dX_A}{(-r_A)V}}$$

## QUESTÃO 02

Um trocador de calor do tipo casco e tubo necessita ser construído para aquecer, em contracorrente, 10.000 lb/h do fluido A (cp= 0,4 BTU/lb.$^0$F) de 70 a 120 $^0$F, utilizando um fluido B (cp= 0,5 BTU/lb.$^0$F), o qual é resfriado de 176 para 90 $^0$F. Admitindo um coeficiente global de transferência de calor de 100 BTU/h.ft$^2$.$^0$F, determine a vazão do fluido B e a área de troca térmica.

$\Delta T_{max} = 56\ ^0F$
$\Delta T_{min} = 20\ ^0F$

Cálculo da Vazão do fluido B:

calor recebido pelo fluido A = calor cedido pelo fluido B

$$\dot{m}_A \, . \, cp_A \, . \, (T_s - T_e) = \dot{m}_B \, . \, cp_B \, . \, (T_e - T_s)$$
$$10.000 \, . \, 0{,}4 \, . \, (120 - 70) = \dot{m}_B \, . \, 0{,}5 \, . \, (176 - 90)$$
$$\dot{m}_B = 4651 \text{ lb/h}$$

Cálculo da área de troca térmica:

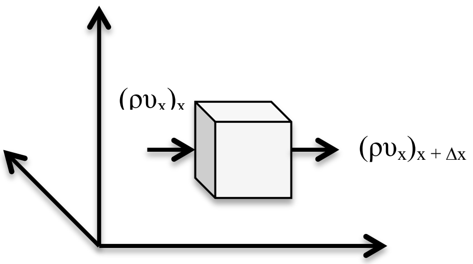
$$\Delta T = \frac{\Delta T_{max} - \Delta T_{min}}{ln \frac{\Delta T_{max}}{\Delta T_{min}}} \qquad \Delta T = 36$$

$\dot{q} = U \, . \, A \, . \, \Delta T$
$200.000 = 100 \, . \, A \, . \, 36$
$A = 55{,}5 \text{ ft}^2$

## QUESTÃO 03

**Deduza a equação da continuidade aplicando a lei da conservação da massa sobre um sistema microscópico através do qual o fluido escoa. Escreva também a lei da conservação da massa para um sistema macroscópico.**

A equação da continuidade pode ser obtida pela aplicação de um balanço de massa sobre um elemento de volume $\Delta x \Delta y \Delta z$, fixo no espaço, através do qual o fluido escoa.




Taxa de aumento de massa = taxa de entrada de massa – taxa de saída de massa

Considerando as faces por onde a massa entra e sai, pode-se dizer que:
taxa de entrada de massa = $(\rho \upsilon_x)_x \Delta y \Delta z$
taxa de saída de massa = $(\rho \upsilon_x)_{x+\Delta x} \Delta y \Delta z$
taxa de aumento de massa = $\Delta x \Delta y \Delta z \left(\frac{\partial \rho}{\partial t}\right)$
Reunindo, obtem-se:

$$\Delta x \Delta y \Delta z \left(\frac{\partial \rho}{\partial t}\right) = [(\rho \upsilon_x)_x \Delta y \Delta z - (\rho \upsilon_x)_{x+\Delta x} \Delta y \Delta z\,] + [(\rho \upsilon_y)_y \Delta z \Delta x - (\rho \upsilon_y)_{y+\Delta y} \Delta z \Delta x] + [(\rho \upsilon_z)_z \Delta x \Delta y - (\rho \upsilon_z)_{z+\Delta z} \Delta x \Delta y]$$

Dividindo a equação anterior por $\Delta x \Delta y \Delta z$ e tomando o limite quando $\Delta x \Delta y \Delta z$ tendem a zero e utilizando as definições de derivadas parciais temos:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\left(\frac{\partial \rho \upsilon_x}{\partial x} + \frac{\partial \rho \upsilon_y}{\partial y} + \frac{\partial \rho \upsilon_z}{\partial z}\right)$$

que é a equação da continuidade.

Similarmente, pode-se fazer, para sistemas macroscópicos, que podem ser equipamentos ou suas peças. As equações de balanço para sistemas desse tipo sao chamadas de balanços macroscópicos, sendo que para sistemas transientes resultam em equações diferenciais e sistemas permanentes em equações algébricas. O balanço macroscópico pode ser obtido da integração da equação da continuidade obtida anteriormente. Neste caso para um fluido que entra por uma área de seção transversal $S_1$ e sai pelo plano com seção transversal $S_2$. A velocidade media $\upsilon_1$ no plano de entrada e $\upsilon_2$ no plano de saída:

$$\frac{dm}{dt} = \rho_1 \upsilon_1 S_1 - \rho_2 \upsilon_2 S_2$$

Considerando w a taxa mássica de escoamento, como segue:
$w = \rho_1 \upsilon_1 S_1$

pode-se escrever:

$$\frac{dm}{dt} = \Delta w$$

para sistemas estacionários fica:
$\Delta w = 0$

**QUESTÃO 04**

**Processos industriais importantes, como destilação e extração se caracterizam pela transferência de massa entre as fases. No caso dessas duas operações, as fases em contato são o líquido e vapor. Neste contexto apresente três modelos simples para o equilíbrio líquido e vapor, discutindo as hipóteses para a utilização desses modelos.**

Na prática industrial, os sistemas mais comuns contemplam as fases líquida e vapor. Existem diversas formulações que permitem o cálculo de temperaturas, pressões e composições das fases.

Lei de Raoult - A formulação mais simples conhecida. É válida somente para sistemas com pressões baixas a moderadas, uma vez que se deve considerar a fase vapor como gás ideal. A outra hipótese para a sua utilização é que a fase líquida é uma solução ideal, o que implica em sistemas compostos por espécies quimicamente similares. A expressão matemática para a lei de Raoult:

$$y_i\, p = x_i\, p_i^{sat}$$

onde $y_i$ é a fração molar na fase vapor, $x_i$ é a fração molar na fase líquida, $p_i^{sat}$ é a pressão de vapor da espécie i pura e p é a pressão do sistema.
Outra restrição da lei de Raoult é que é somente pode ser aplicada para sistemas abaixo da temperatura crítica, uma vez que é necessário conhecer a pressão de vapor da espécie.

Lei de Henry - válida para qualquer espécie presente em baixa concentração, mas também limitada a sistemas com pressões baixas ou moderadas. A expressão matemática é:

$$y_i\, p = x_i\, H$$

onde H é a constante de Henry.
Lei de Raoult modificada – utilizada em pressões baixas e moderadas, no entanto mais realista, uma vez que não se utiliza a segunda hipótese da lei de Raoult. Dessa forma, levam-se em conta os desvios da idealidade de soluções na fase líquida. A expressão matemática é:

$$y_i\, p = x_i\, \gamma_i\, p_i^{sat}$$

onde $\gamma_i$ é o coeficiente de atividade da espécie i.

**QUESTÃO 05**

**Em problemas industriais, muitas vezes a transferência de calor se dá por condução através de paredes com camadas de materiais diferentes. Dessa forma, obtenha a equação para taxa de transferência de calor através de paredes deste tipo.**

A condução de calor através de paredes com camadas de materiais diferentes deve levar em conta as condutividades térmicas dos materiais, que podem também ser diferentes. As espessuras das camadas também influenciarão na condução do calor. Dessa forma, pode-se considerar três camadas de condutividades térmicas $k_{01}$, $k_{12}$, $k_{23}$, espessuras diferentes, $x_1 - x_0$, $x_2 - x_1$, $x_3 - x_2$.

Em $x=x_0$ o material 01 está em contato com um fluido à temperatura ambiente $T_a$, e em $x=x_3$ o material 23 está em contato com um fluido à temperatura $T_b$. A transferência de calor nos limites $x=x_0$ e $x=x_3$ é dada pela lei de resfriamento de Newton com o coeficiente de transferência de calor $h_0$ e $h_3$ respectivamente.

Aplicando-se um balanço de energia sobre o processo o qual se trata de condução de calor, fica: q = 0. Escrevendo o balanço para uma placa de volume $V = LH\Delta x$:

$$q_x LH - q_{x+\Delta x} LH = 0$$

que diz que o calor que entra em x deve ser igual ao que sai em $x+\Delta x$. Divindo-se por V levando ao limite quando $\Delta x \rightarrow 0$ obtem-se:

$$\frac{dq_x}{dx} = 0$$

A integração leva a $q_x = q_0$, que é uma constante. Tal dedução pode ser repetida para os outros materiais, resultando em fluxo térmico constante e o mesmo nas três regiões. Introduzindo a lei de Fourier para cada uma:

$$-k_{01}\frac{dT}{dx} = q_0$$

$$-k_{12}\frac{dT}{dx} = q_0$$

$$-k_{23}\frac{dT}{dx} = q_0$$

Integrando cada equação por toda espessura, considerando que cada condutividade térmica é constante, tem-se:

$$T_0 - T_1 = \frac{q_0\,(x_1 - x_0)}{k_{01}}$$

$$T_1 - T_2 = \frac{q_0\,(x_2 - x_1)}{k_{12}}$$

$$T_2 - T_3 = \frac{q_0\,(x_3 - x_2)}{k_{23}}$$

Considerando ainda as duas hipóteses sobre o calor transferido nas superfícies de acordo com a lei do resfriamento de Newton:

$$T_a - T_0 = \frac{q_0}{h_0}$$

$$T_3 - T_b = \frac{q_0}{h_3}$$

A soma dessas últimas cinco equações resulta:

$$T_a - T_b = q_0\left(\frac{1}{h_0} + \frac{x_1 - x_0}{k_{01}} + \frac{x_2 - x_1}{k_{12}} + \frac{x_3 - x_0}{k_{23}} + \frac{1}{h_3}\right)$$

$$q_0 = \frac{T_a - T_b}{\left(\frac{1}{h_0} + \frac{x_1 - x_0}{k_{01}} + \frac{x_2 - x_1}{k_{12}} + \frac{x_3 - x_0}{k_{23}} + \frac{1}{h_3}\right)}$$

Pode-se reescrever de forma semelhante a lei do resfriamento de Newton para o fluxo térmico:

$$q_0 = U(T_a - T_b)$$

e finalmente, para a taxa de transferência de calor:

$$Q_0 = U(LH)(T_a - T_b)$$

onde U é chamado de coeficiente global de transferência de calor.

| | | |
|---|---|---|
| ________________________________ | ______________________________ | _________ / _________ / 2015 |
| Assinatura Presidente | Assinatura Membro | |