

Universidade de Brasília

Instituto de Química

2020/1

Engenharia de Reatores Químicos

IQD0048

Reatores Tubulares – Balanço Material

Prof. Alexandre Umpierre

Reator Tubular

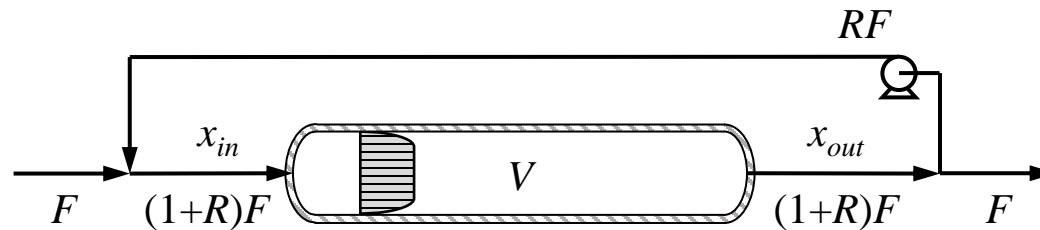
- Meio reacional incompressível
- Meio reacional compressível
- Reator com refluxo
- Arranjos seriais e paralelos
- Reator catalítico
- Reação em fase gasosa
- Reator de leito empacotado
- Reator de leito fluidizado



***Plug Flow Reactor, ou
reator de fluxo empistonado***

Reator Tubular

- Meio reacional incompressível
- Meio reacional compressível
- Reator com refluxo
- Arranjos seriais e paralelos
- Reator catalítico
- Reação em fase gasosa
- Reator de leito empacotado
- Reator de leito fluidizado



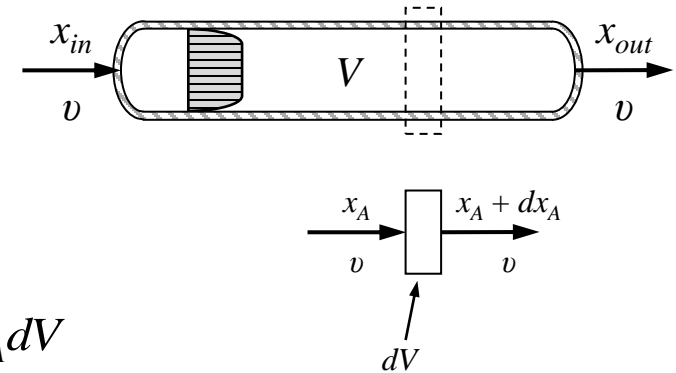
***Plug Flow Reactor, ou
reator de fluxo empistonado***

Reator Tubular: Balanço material (meio incompressível)

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

$$(c_A + dc_A)v - c_A v = r_A dV$$

$$x_A c_{A,std} v - (x_A + dx_A) c_{A,std} v = r_A dV$$



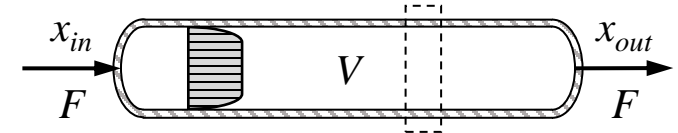
$$v \frac{dx_A}{-r_A} = \frac{dV}{c_{A,std}}$$

$$\tau = \frac{V}{v}$$

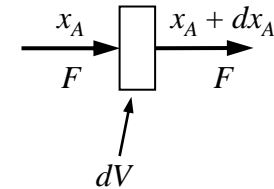
$$\int_{x_{A,in}}^{x_{A,out}} \frac{dx_A}{-r_A} = \frac{\tau}{c_{A,std}}$$

Reator Tubular: Balanço material (meio incompressível)

$$\int_{x_{A,in}}^{x_{A,out}} \frac{dx_A}{-r_A} = \frac{\tau}{c_{A,std}}$$



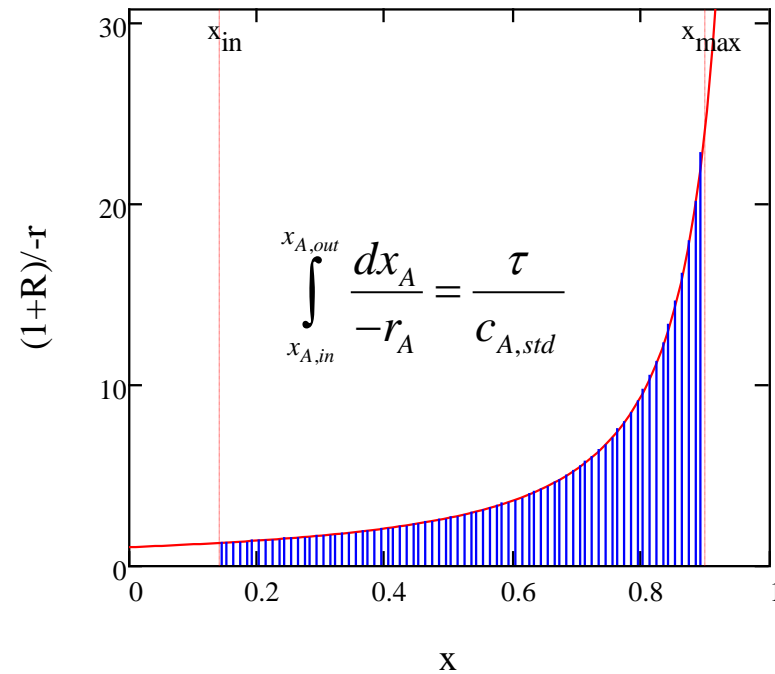
$$\int_{x_{A,in}}^{x_{A,out}} \frac{dx_A}{kc_A^m} = \int_{x_{A,in}}^{x_{A,out}} \frac{dx_A}{kc_{A,std}^m (1-x_A)^m} = \frac{\tau}{c_{A,std}}$$



$$\frac{1}{(1-x_{A,out})^{m-1}} - \frac{1}{(1-x_{A,in})^{m-1}} = (m-1)kc_{A,std}^{m-1}\tau$$

$$\ln \frac{1-x_{A,in}}{1-x_{A,out}} = k\tau$$

Reator Tubular: Balanço material (meio incompressível)



Reator Tubular: Balanço material (meio incompressível)

Exemplo: Determinar o volume de um PFR para converter de 10 % a 90 % uma corrente de 200 L/min com taxa de consumo do reatante $8,34 \text{ mol/L/min} (1 - x)^{1,3}$, em que x é a conversão do reatante. A concentração de reatante correspondente à conversão nula é $4,8 \text{ mol/L}$.

$$x_{A,in} = 10\%$$

$$x_{A,out} = 90\%$$

$$\nu = 200 \text{ L min}^{-1}$$

$$m = 1,3$$

$$-r_A = kc_A^{2,2} = kc_{A,std}^{2,2} (1 - x_A)^{2,2}$$

$$kc_{A,std}^{1,3} = 8,34 (\text{mol L}^{-1})^{-0,3} \text{ min}^{-1}$$

$$c_{A,std} = 4,8 \text{ mol L}^{-1}$$

$$\frac{1}{(1 - x_{A,out})^{m-1}} - \frac{1}{(1 - x_{A,in})^{m-1}} = (m - 1) kc_{A,std}^{m-1} \tau$$

$$\tau = \frac{V}{\nu}$$

$$V = \nu \frac{\frac{1}{(1 - x_{A,out})^{m-1}} - \frac{1}{(1 - x_{A,in})^{m-1}}}{(m - 1) kc_{A,std}^{m-1}} = ???$$

Reator Tubular: Balanço material (meio incompressível)

Exemplo: Determinar a conversão de saída de um PFR de 50 L alimentado com uma corrente de 250 L/min com 10 % de conversão do reatante com taxa de consumo de 6,29 mol/L/min $(1 - x)^{2,2}$, em que x é a conversão do reatante.

$$\frac{1}{(1 - x_{A,out})^{m-1}} - \frac{1}{(1 - x_{A,in})^{m-1}} = (m-1) k c_{A,std}^{m-1} \tau$$

$$-r_A = k c_A^{2,2} = k c_{A,std}^{2,2} (1 - x_A)^{2,2}$$

$$\tau = \frac{V}{v}$$

$$\frac{1}{(1 - x_{A,out})^{m-1}} = (m-1) k c_{A,std}^{m-1} \frac{V}{v} + \frac{1}{(1 - x_{A,in})^{m-1}}$$

$$x_{A,out} = 1 - \left[(m-1) k c_{A,std}^{m-1} \frac{V}{v} + \frac{1}{(1 - x_{A,in})^{m-1}} \right]^{\frac{1}{-m+1}} = 86,5 \%$$

Reator Tubular: Balanço material (meio incompressível)

$$\frac{1}{(1-x_{A,out})^{m-1}} = \underbrace{(m-1)kc_{A,std}^{m-1} \frac{V}{v}}_{K=11,05} + \frac{1}{(1-x_{A,in})^{m-1}}$$

$$x_{A,in} = 10\%$$

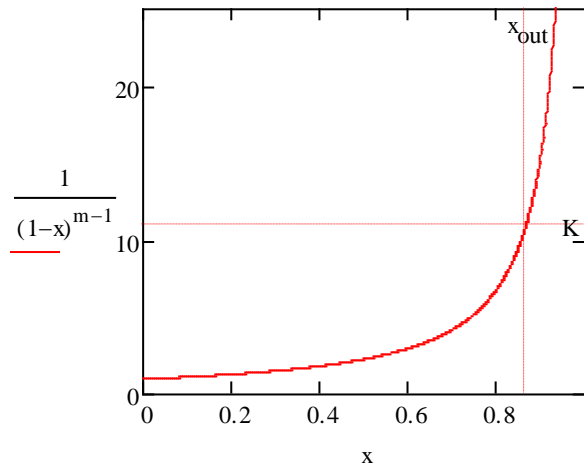
$$V = 50\text{L}$$

$$v = 250\text{L min}^{-1}$$

$$m = 2,2$$

$$kc_{A,std}^{2,2} = 6,29(\text{mol L}^{-1})^{-1,2} \text{min}^{-1}$$

$$c_{A,std} = 4,8\text{mol L}^{-1}$$



$$x_{A,out} = 86,5\%$$