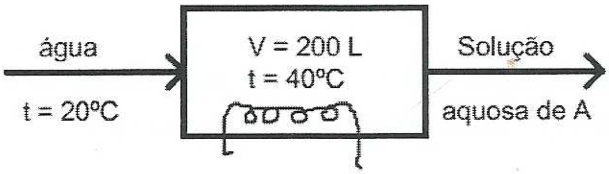
Caso 5.2

Um tanque isolado e perfeitamente agitado, com 200 L de capacidade, encontra-se inicialmente cheio com uma solução aquosa contendo 75,2 g/L do composto A.



Para diluir o conteúdo do tanque até uma concentração de 5g/L de A, alimenta-se um caudal de 4 L/min de água a 20 ºC, realizando simultaneamente uma descarga de solução aquosa a igual caudal. Calcular:

a) O tempo necessário para se atingir a concentração pretendida. (R: 135,5 min)

b) A taxa de calor (kcal/min) fornecida ao tanque naquele instante, admitindo que se pretende manter o líquido a 40 ºC durante o processo de diluição da solução. (R: 80 kcal/min)

Dados:

* Entalpia de solução de A em água, a 20 ºC: 6 $kcal/kg_A$

* Densidade e calor específico da solução aquosa: idênticos aos da água.

Temos como dados do enunciado:

Caudal de entrada – $Q_E = 4$ L/min

Densidade – $\rho = 1 g/cm^3$

Alínea a) Tempo para se obter a concentração pretendida

Para $\theta = 0 \rightarrow X = 75$ g/L

Para $\theta = \theta_F \rightarrow X = 5$ g/L sendo θ_F = tempo final

Calcular o tempo para se obter a concentração final de 5 g/L

Balanço de massa ao soluto

E = S + A

$$0 = \mathbf{Q\,X} + \frac{\mathbf{M\,dX}}{\mathbf{d\theta}} \qquad\qquad 0 = \mathbf{Q\,X} + \mathbf{M}\frac{\mathbf{dX}}{\mathbf{d\theta}}$$

$$0 = 4\,\mathbf{X} + 200\frac{\mathbf{dX}}{\mathbf{d\theta}} \qquad\qquad -4\,\mathbf{X} = 200\frac{\mathbf{dX}}{\mathbf{d\theta}}$$

$$\int_0^{\theta} \mathbf{d\theta} = 200 \int_{75,2}^{5} \frac{\mathbf{dX}}{-4\mathbf{X}}$$

$$\theta = \frac{200}{-4} \times \ln\left|\frac{4\times 5}{4\times 75,2}\right| = 135,54\,\text{min}$$

Alínea b) Taxa de calor fornecida ao tanque

Nota: Vou trabalhar em L, kg, kcal

Cp solução = Cp água = 1 kcal/kg ºC $\qquad$ ΔH_S = 6 kcal/g

Estado de referência: 20ºC, H_2O (l), soluto (puro), Pt

E = S + A

$$0 + \mathbf{Q_F} = \mathbf{Q}\,(\rho\,\mathbf{Cp}\,(40-20) + \mathbf{Q}\,\mathbf{X}\,\mathbf{\Delta H_S} + \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{d\theta}}\left(\mathbf{V}\,\rho\,\mathbf{Cp}\,(40-20) + \mathbf{V}\,X\,\mathbf{\Delta H_S}\right)$$

Sendo: Q_F = calor fornecido em kcal/min $\qquad$ Q = caudal em L/min

X = concentração em g/L $\qquad$ ΔH_S = entalpia de solução kcal/kg

$$\mathbf{Q_F} = 4\,(40-20) + 4\times X\times 6 + \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{d\theta}}\left(200\,(40-29 + 200\times \mathbf{X}\times 6\right)$$

Fazendo $\Delta H_{saída}$ = 4 (40 – 20) + 4 × X × 6 = 80 + 24 X = Y $\quad\rightarrow\quad$ Y = 80 + 24 X

Vem: $$\mathbf{Q_F} = \mathbf{Y} + \frac{\mathbf{d}}{\mathbf{d\theta}}50\mathbf{Y} \qquad\qquad \mathbf{Q_F} - \mathbf{Y} = 50\frac{\mathbf{dY}}{\mathbf{d\theta}}$$

Para θ = 0 $\quad\rightarrow$ X = 75,2 g/L $\quad\rightarrow$ Y = 1884,8

Para θ = 135,54 min $\quad\rightarrow$ X = 5 g/L $\quad\rightarrow$ Y = 200

$$\int_{0}^{135,54} \mathbf{d\theta} = 50 \int_{1884,8}^{200} \frac{\mathbf{dY}}{\mathbf{Q_F} - \mathbf{Y}}$$

$$\frac{135,54}{-50} = \ln \frac{\mathbf{Q_F} - 200}{\mathbf{Q_F} - 1884,8}$$

Aplicando-se exponenciais

$$\frac{\mathbf{Q_F} - 200}{\mathbf{Q_F} - 1884,8} = \exp\left(\frac{135,54}{-50}\right) = \exp(-2,7108) = 0,066484$$

Resolvendo obtem-se Q_F = 80 kcal/min