

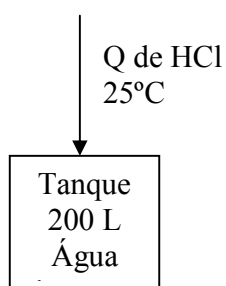
Caso 5.4

Num tanque de 200 litros de capacidade, cheio de água a 25°C, faz-se borbulhar gás clorídrico a 25°C, com um caudal constante de Q (mol s⁻¹). Admitindo que o tanque se encontra perfeitamente isolado e agitado, escreva a equação diferencial ordinária que permite estabelecer a variação no tempo da temperatura da solução ácida.

Notas:

- * Considere, como aproximação, que a capacidade calorífica da solução ácida pode ser estimada como $cp_{\text{sol. ácida}} = \omega cp_{\text{água}}$, sendo ω a fracção mássica da água (ver Eq. 1.14).

Esquemáticamente temos:



Para $\theta = 0 \rightarrow T = 25^\circ\text{C}$

Estado de referência: 25°C, HCl(g), H₂O (l), P_T

$$Q_E = Q_S + \frac{d\Delta H}{d\theta}$$

HCl entra a 25°C $\rightarrow Q_E = 0$

Tanque isolado, sem saída $\rightarrow Q_S = 0$

$$0 = \frac{d}{d\theta} \left(M C_{p_{\text{sol}}} (T - 25) + M X \Delta H_S \right)$$

Sendo X a fracção de soluto (HCl) na solução

Neste problema não se pede qualquer cálculo, apenas se pede o estabelecimento duma equação que relacione a T com o θ .

Por outras palavras, temos que substituir todas as variáveis por equações em função de T ou de θ .

Não é necessário efectuar as substituições. Basta termos equações em função de T ou de θ

Variáveis: M, $C_{p_{sol}}$, M_{agua} , X e ΔH_S .

$C_{p_{sol}} = C_{p_{agua}} \times X_{agua}$ Equação simplificada para o Cp de soluções dada no enunciado

$$C_{p_{sol}} = C_{p_{agua}} (1 - X)$$

$$M_{agua} = M (1 - X) \quad M = \frac{M_{agua}}{1 - X}$$

$$M \times C_{p_{sol}} = M_{agua} \times C_{p_{agua}} = 200 \times 1 = 200 \text{ Kg}$$

Agora temos:
$$0 = \frac{d}{d\theta} \left(200 \times 10^3 (T - 25) + M X \Delta H_S \right)$$

Balanço mássico global

$$Q = 0 + \frac{dM}{d\theta} \quad \text{sendo Q o caudal de entrada do HCl que pode ser considerado como constante}$$

$$Q \times \int_0^{\theta} d\theta = \int_{M_0}^M dM \quad \text{vem } M = M_0 + Q \theta \quad \text{neste caso } M = 200 + Q \theta$$

$$\frac{dM}{d\theta} = Q$$

Balanço mássico ao soluto

$$Q = 0 + \frac{dMX}{d\theta}$$

$$Q \times \int_0^{\theta} d\theta = \int_{M_0X_0}^{MX} dMX$$

vem $M = M_0X_0 + Q \theta$ mas como $X_0 = 0$ vem $M X = Q \theta$

$$\frac{dMX}{d\theta} = Q$$

Entalpia de solução ΔH_S

A ΔH_S está disponível em gráficos em função de R.

$$R = \frac{N_{\text{água}}}{N_{\text{soluto}}} = \frac{N_{\text{água}}}{Q\theta} \qquad N_{\text{água}} = \frac{M_{\text{água}}}{PM} = \frac{M_{\text{água}}}{0,018}$$

Para terminar só falta da derivada da ΔH_S

$$\frac{d\Delta H_S}{d\theta} = \frac{d\Delta H_S}{dR} \times \frac{dR}{d\theta}$$

O termo $\frac{d\Delta H_S}{dR}$ está disponível em gráficos, e não é necessário qualquer expressão numérica.

$$R = \frac{N_{\text{água}}}{Q\theta} \longrightarrow \frac{dR}{d\theta} = \frac{0 \times Q\theta - N_{\text{água}}Q}{Q^2\theta^2} = \frac{-N_{\text{água}}}{Q\theta^2}$$

Agora era só substituir mas isso não é pedido e tem a dificuldade da ΔH_S e da $\Delta H_S/d\theta$ que implicam o uso de gráficos.