

Principi di Ingegneria Chimica  
Anno Accademico 2010-2011

Cognome	Nome	Matricola	Firma

**Problema 1.** Due recipienti di volume  $V_I$  e  $V_{II}$  contengono soluzioni acquose di un certo composto, alle concentrazioni iniziali  $C_I^0$  e  $C_{II}^0$ . I due contenitori, ben agitati, sono in comunicazione mediante una membrana di spessore  $s$  e di area totale  $A$ . Dopo un tempo  $t^*$ , la differenza tra le concentrazioni si riduce a  $\delta^*$ .

1) Calcolare il coefficiente di scambio globale di materia,

Supponendo che la resistenza al trasporto sia solo quella dovuta alla membrana, e che tra l'equilibrio tra le concentrazioni in fase liquida e in fase solida sia esprimibile dalla relazione  $C^{L/Q} = m C^{SOL}$ ,

2) Calcolare la diffusività del composto nella membrana.

Dati.  $V_I = 2 \text{ cm}^3$ ,  $V_{II} = 6 \text{ cm}^3$ ,  $C_I^0 = 1 \text{ mol/L}$ ,  $C_{II}^0 = 0 \text{ mol/L}$ ,  $s = 0.5 \text{ mm}$ ,  $A = 3 \text{ cm}^2$ ,  $t^* = 10$  minuti,  $\delta^* = 0.5 \text{ mol/L}$ ,  $m = 2$ .

**Problema 2.** In un tubo cilindrico, grigio di emissività  $\varepsilon$ , di diametro  $D$  e lunghezza  $L$  circola una portata  $w$  di un fluido. Il fluido entra nel tubo come liquido saturo e esce dal tubo come vapore saturo, assorbendo il calore latente di evaporazione,  $\Delta H$ . Il tubo è esposto ad una corrente d'aria a temperatura  $T_0$  che fluisce perpendicolarmente al suo asse con velocità  $v_0$ . Tutte le superficie affacciate sul tubo sono grigie di emissività  $\varepsilon_w$ , e sono a temperatura  $T_w$ . Calcolare:

1) La temperatura superficiale del tubo;

2) I flussi di calore scambiati per convezione forzata e per irraggiamento dal tubo, chiarendone il verso.

Dati.  $\varepsilon = 0.9$ ,  $D = 5 \text{ cm}$ ,  $L = 1 \text{ m}$ ,  $w = 1 \text{ kg/s}$ ,  $\Delta H = 350 \text{ J/kg}$ ,  $T_0 = 30^\circ\text{C}$ ,  $v_0 = 3 \text{ m/s}$ ,  $\varepsilon_w = 0.75$ ,  $T_w = 400^\circ\text{C}$ .



**Problema 1.** Due recipienti di volume  $V_I$  e  $V_{II}$  contengono soluzioni acquose di un certo composto, alle concentrazioni iniziali  $C_I^0$  e  $C_{II}^0$ . I due contenitori, ben agitati, sono in comunicazione mediante una membrana di spessore  $s$  e di area totale  $A$ . Dopo un tempo  $t^*$ , la differenza tra le concentrazioni si riduce a  $\delta^*$ .

1) Calcolare il coefficiente di scambio globale di materia,

Supponendo che la resistenza al trasporto sia solo quella dovuta alla membrana, e che tra l'equilibrio tra le concentrazioni in fase liquida e in fase solida sia esprimibile dalla relazione  $C^{LIQ} = m C^{SOL}$ ,

2) Calcolare la diffusività del composto nella membrana.

Dati.  $V_I = 2 \text{ cm}^3$ ,  $V_{II} = 6 \text{ cm}^3$ ,  $C_I^0 = 1 \text{ mol/L}$ ,  $C_{II}^0 = 0 \text{ mol/L}$ ,  $s = 0.5 \text{ mm}$ ,  $A = 3 \text{ cm}^2$ ,  $t^* = 10$  minuti,  $\delta^* = 0.5 \text{ mol/L}$ ,  $m = 2$ .

$$V_I := 2 \cdot \text{cm}^3 \quad V_{II} := 6 \cdot \text{cm}^3 \quad C_{I0} := 1 \cdot \frac{\text{mol}}{\text{L}} \quad C_{II0} := 0 \cdot \frac{\text{mol}}{\text{L}} \quad s := 0.5 \cdot \text{mm} \quad A := 3 \cdot \text{cm}^2$$

$$t^* := 10 \cdot \text{min} \quad \delta^* := 0.5 \cdot \frac{\text{mol}}{\text{L}} \quad m := 2$$

$$\frac{d}{dt} C_I(t) = -A \cdot \frac{K_C}{V_I} \cdot (C_I(t) - C_{II}(t))$$

$$\frac{d}{dt} C_{II}(t) = A \cdot \frac{K_C}{V_{II}} \cdot (C_I(t) - C_{II}(t))$$

$$\frac{d}{dt} (C_I(t) - C_{II}(t)) = -A \cdot K_C \cdot \left( \frac{1}{V_I} + \frac{1}{V_{II}} \right) \cdot (C_I(t) - C_{II}(t))$$

$$\delta(t) = C_I(t) - C_{II}(t)$$

$$\frac{d}{dt} \delta(t) = \frac{-1}{\tau} \cdot \delta(t) \quad \delta(0) = \delta_0 = C_{I0} - C_{II0}$$

$$\frac{1}{\tau} = A \cdot K_C \cdot \left( \frac{1}{V_I} + \frac{1}{V_{II}} \right)$$

$$\tau := \frac{-t^*}{\ln \left[ \frac{\delta^*}{(C_{I0} - C_{II0})} \right]} = 865.617 \text{ s}$$

$$K_C := \frac{1}{\tau} \frac{1}{A \cdot \left( \frac{1}{V_I} + \frac{1}{V_{II}} \right)} = 5.776 \times 10^{-6} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$K_C \cdot \Delta C_{LIQ} = \frac{D}{s} \Delta C_{SOL} = \frac{D}{s} \cdot \frac{1}{m} \Delta C_{LIQ}$$

$$D := K_C \cdot m \cdot s = 5.776 \times 10^{-9} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

**Problema 2.** In un tubo cilindrico, grigio di emissività  $\varepsilon$ , di diametro  $D$  e lunghezza  $L$  circola una portata  $w$  di un fluido. Il fluido entra nel tubo come liquido saturo e esce dal tubo come vapore saturo, assorbendo il calore latente di evaporazione,  $\Delta H$ . Il tubo è esposto ad una corrente d'aria a temperatura  $T_0$  che fluisce perpendicolarmente al suo asse con velocità  $v_0$ . Tutte le superficie affacciate sul tubo sono grigie di emissività  $\varepsilon_w$ , e sono a temperatura  $T_w$ . Calcolare:

- 1) La temperatura superficiale del tubo;
- 2) I flussi di calore scambiati per convezione forzata e per irraggiamento dal tubo, chiarendone il verso.

Dati.  $\varepsilon = 0.9$ ,  $D = 5$  cm,  $L = 1$  m,  $w = 1$  kg/s,  $\Delta H = 350$  J/kg,  $T_0 = 30^\circ\text{C}$ ,  $v_0 = 3$  m/s,  $\varepsilon_w = 0.75$ ,  $T_w = 400^\circ\text{C}$ .

$$\varepsilon := 0.9 \quad D := 5 \cdot \text{cm} \quad L := 1 \cdot \text{m} \quad w := 1 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{s}} \quad \Delta H := 350 \cdot \frac{\text{J}}{\text{kg}} \quad T_0 := 30^\circ\text{C} \quad v_0 := 3 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \varepsilon_w := 0.75$$

$$T_w := 400^\circ\text{C}$$

$$w \cdot \Delta H = 350 \text{ W} \quad T_0 = 303.15 \text{ K} \quad T_w = 673.15 \text{ K}$$

$$h(T) := \begin{cases} T_f \leftarrow \frac{T_0 + T}{2} \\ N_{\text{Re}} \leftarrow \frac{v_0 \cdot D}{\nu_A(T_f)} \\ N_{\text{Nu}} \leftarrow \left( 0.4 \cdot N_{\text{Re}}^{0.5} + 0.06 \cdot N_{\text{Re}}^{0.67} \right) \cdot N_{\text{Pr.A}}(T_f)^{0.4} \\ h \leftarrow \frac{N_{\text{Nu}} \cdot k_A(T_f)}{D} \end{cases} \quad h(T_0) = 30.443 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$T := 50^\circ\text{C} \text{ Given} \quad w \cdot \Delta H = \pi \cdot D \cdot L \cdot \left[ h(T) \cdot (T_0 - T) + \sigma \cdot \varepsilon \cdot (\varepsilon_w \cdot T_w^4 - T^4) \right] \quad T := \text{Minerr}(T) = 433.722 \text{ K}$$

$$T = 160.572^\circ\text{C}$$

$$h(T) = 29.29 \frac{\text{kg}}{\text{K} \cdot \text{s}^3} \quad T_f := \frac{T_0 + T}{2} = 95.286^\circ\text{C} \quad N_{\text{Re}} := \frac{v_0 \cdot D}{\nu_A(T_f)} = 6.644 \times 10^3$$

$$N_{\text{Nu}} := \left( 0.4 \cdot N_{\text{Re}}^{0.5} + 0.06 \cdot N_{\text{Re}}^{0.67} \right) \cdot N_{\text{Pr.A}}(T_f)^{0.4} = 47.312 \quad j_H := \frac{N_{\text{Nu}}}{N_{\text{Re}} \cdot N_{\text{Pr.A}}(T_f)^{0.33}} = 7.995 \times 10^{-3}$$

$$\frac{w \cdot \Delta H}{\pi \cdot D \cdot L} = 2.228 \times 10^3 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \quad h(T) \cdot (T_0 - T) = -3.824 \times 10^3 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \quad \sigma \cdot \varepsilon \cdot (\varepsilon_w \cdot T_w^4 - T^4) = 6.053 \times 10^3 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$