

Principi di Ingegneria Chimica
Anno Accademico 2010-2011

Cognome	Nome	Matricola	Firma

Problema 1. In una tubazione liscia verticale di diametro D fluisce verso l'alto dell'acqua. Una sferetta metallica, di diametro d e di densità ρ_s , per effetto del trascinamento dell'acqua è in equilibrio al centro della tubazione. Se il sistema è isoterma a 25°C , calcolare:

a. La velocità dell'acqua nella tubazione,

Se la tubazione collega due serbatoi, il primo a pressione P_1 e il secondo a pressione atmosferica, la tubazione è lunga in totale L , presenta come perdite concentrate 3 curve a 90° e la differenza di quota tra i livelli dei due serbatoi è H , calcolare:

b. La potenza installata di una pompa di rendimento η .

Dati: $D = 10\text{ cm}$, $H = 20\text{ m}$, $d = 4\text{ mm}$, $L = 50\text{ m}$, $P_1 = 0.3\text{ bar}$, $\rho_s = 10000\text{ kg/m}^3$, $\eta = 75\%$.

Problema 2. In un dispositivo da laboratorio, un sottile film polimerico (composto C) di spessore s e area totale A separa due camere di volume V_1 e V_2 , completamente piene, termostatate alla temperatura T_0 e ben agitate (questo dispositivo è noto come *Cella di Franz*). La camera 1 al tempo zero contiene una soluzione a concentrazione C_{A10} di un farmaco (composto A), mentre la camera 2 contiene acqua pura (composto B). La relazione di equilibrio tra concentrazione in fase liquida e concentrazione nel polimero è: $C_{Aliq} = KC_{Apol}$. Dopo un tempo t , la differenza di concentrazione tra le due camere risulta dimezzata. Nell'ipotesi che il trasporto convettivo nelle camere sia velocissimo, calcolare

a. Il coefficiente D_{AC} .

Una sferetta del polimero C di diametro D , inizialmente carica del farmaco A alla concentrazione C_{A0pol} , viene sospesa in un grande recipiente contenente acqua inizialmente pura (B) e ben agitata, per la quale il numero di Reynolds è N_{Re} . La diffusività del farmaco in acqua è D_{AB} . Il sistema è termostatato a T_0 . Calcolare:

b. Il flusso iniziale di farmaco dalla sferetta verso la massa del solvente.

Determinare inoltre se, per studiare il transitorio di trasporto di materia, è necessaria una analisi a parametri distribuiti o è sufficiente una analisi a parametri concentrati.

Dati. $V_1 = 10\text{ cm}^3$, $V_2 = 5\text{ cm}^3$, $A = 3.14\text{ cm}^2$, $t = 180\text{ min}$, $K = 2$, $s = 7\text{ mm}$, $D = 5\text{ mm}$, $N_{Re} = 10^4$, $D_{AB} = 10^{-8}\text{ m}^2/\text{s}$, $T_0 = 25^\circ\text{C}$, $C_{A0Pol} = 25\text{ mol/m}^3$.

Istruzioni: compilare con i propri dati la parte alta di questo foglio; per le risposte ai problemi utilizzare tutte e sole le facciate di questo foglio.

Compito scritto – 10 giugno 2010



Problema 1. In una tubazione liscia verticale di diametro D fluisce verso l'alto dell'acqua. Una sferetta metallica, di diametro d e di densità ρ_s , per effetto del trascinamento dell'acqua è in equilibrio al centro della tubazione. Se il sistema è isoterma a 25°C , calcolare:

a. La velocità dell'acqua nella tubazione,

Se la tubazione collega due serbatoi, il primo a pressione P_1 e il secondo a pressione atmosferica, la tubazione è lunga in totale L , presenta come perdite concentrate 3 curve a 90° e la differenza di quota tra i livelli dei due serbatoi è H , calcolare:

b. La potenza installata di una pompa di rendimento η .

Dati: $D = 10\text{ cm}$, $H = 20\text{ m}$, $d = 4\text{ mm}$, $L = 50\text{ m}$, $P_1 = 0.3\text{ bar}$, $\rho_s = 10000\text{ kg/m}^3$, $\eta = 75\%$.

$$n_1 := 2 \quad n_2 := 3$$

$$F(x, p) := \frac{\sum_{j=0}^{n_1} (p_j \cdot x^j)}{\sum_{j=0}^{n_2} (p_{j+n_1+1} \cdot x^j)} \quad p := \begin{pmatrix} -87.212 \\ 32.6 \\ -3.05 \\ 292.72 \\ -127.997 \\ 17.467 \\ -0.703 \end{pmatrix} \quad P_1 := 0.3\text{-bar} \quad P_2 := 1\text{-bar}$$

$$\eta := 75\%$$

$$C_D(N_{Re}) := \text{if} \left[N_{Re} < 0.1, \frac{24}{N_{Re}}, \text{if} \left[N_{Re} < 100000, 2 \cdot \left(1.84 \cdot N_{Re}^{-0.31} + 0.293 \cdot N_{Re}^{0.06} \right)^{3.45}, 10^{F(\log(N_{Re}), p) + 0.00} \right] \right]$$

$$D := .1\text{-m} \quad H := 20\text{-m} \quad d := 5\text{-mm} \quad L := 50\text{m} \quad \mu := 10^{-3} \cdot \text{Pa}\cdot\text{s} \quad \rho := 10^3 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \rho_s := 10 \cdot 10^3 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$C := \frac{d \cdot \rho}{\mu} \cdot \sqrt{\frac{4}{3} \cdot d \cdot g \cdot \frac{\rho_s - \rho}{\rho}} = 3.835 \times 10^3 \quad v_{\text{Newton}} := \sqrt{\frac{4}{3} \cdot \frac{g \cdot d}{0.44} \cdot \left(\frac{\rho_s - \rho}{\rho} \right)} = 1.156 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$f_1(N_{Re}) := C^2 \cdot N_{Re}^{-2} \quad N_{Re} := v_{\text{Newton}} \cdot \frac{d \cdot \rho}{\mu} = 5.782 \times 10^3 \quad f_1(N_{Re}) = 0.44 \quad C_D(N_{Re}) = 0.381$$

$$\text{Given} \quad f_1(N_{Re}) = C_D(N_{Re}) \quad N_{Re} := \text{Minerr}(N_{Re}) = 6.229 \times 10^3$$

$$f_1(N_{Re}) = 0.379 \quad C_D(N_{Re}) = 0.379 \quad v := \frac{N_{Re} \cdot \mu}{d \cdot \rho} = 1.246 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_p := \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v = 9.784 \frac{1}{\text{s}} \text{ liter}$$

$$\frac{v_1^2}{2} + g \cdot h_1 + \frac{P_1}{\rho} = \frac{v_2^2}{2} + g \cdot h_2 + \frac{P_2}{\rho} + W + \frac{v^2}{2} \cdot \left(4 \cdot f \cdot \frac{L}{D} + 3 \cdot 0.6 \right)$$

$$W := -g \cdot H + \frac{P_1 - P_2}{\rho} - \frac{v^2}{2} \cdot \left(4 \cdot f \left(\frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu}, 0 \right) \cdot \frac{L}{D} + 3 \cdot 0.6 \right) = -274.139 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

$$\text{Potenza} := \frac{|W|}{\eta} \cdot \rho \cdot V_p = 3.576 \times 10^3 \text{ W}$$

Problema 2. In un dispositivo da laboratorio, un sottile film polimerico (composto C) di spessore s e area totale A separa due camere di volume V_1 e V_2 , completamente piene, termostate alla temperatura T_0 e ben agitate (questo dispositivo è noto come *Cella di Franz*). La camera 1 al tempo zero contiene una soluzione a concentrazione C_{A10} di un farmaco (composto A), mentre la camera 2 contiene acqua pura (composto B). La relazione di equilibrio tra concentrazione in fase liquida e concentrazione nel polimero è: $C_{Aliq} = KC_{Apol}$. Dopo un tempo t , la differenza di concentrazione tra le due camere risulta dimezzata. Nell'ipotesi che il trasporto convettivo nelle camere sia velocissimo, calcolare

a. Il coefficiente D_{AC} .

Una sferetta del polimero C di diametro D , inizialmente carica del farmaco A alla concentrazione C_{A0pol} , viene sospesa in un grande recipiente contenente acqua inizialmente pura (B) e ben agitata, per la quale il numero di Reynolds è N_{Re} . La diffusività del farmaco in acqua è D_{AB} . Il sistema è termostato a T_0 . Calcolare:

b. Il flusso iniziale di farmaco dalla sferetta verso la massa del solvente.

Determinare inoltre se, per studiare il transitorio di trasporto di materia, è necessaria una analisi a parametri distribuiti o è sufficiente una analisi a parametri concentrati.

Dati. $V_1 = 10 \text{ cm}^3$, $V_2 = 5 \text{ cm}^3$, $A = 3.14 \text{ cm}^2$, $t = 180 \text{ min}$, $K = 2$, $s = 7 \text{ mm}$, $D = 5 \text{ mm}$, $N_{Re} = 10^4$, $D_{AB} = 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$, $T_0 = 25^\circ\text{C}$, $C_{A0Pol} = 25 \text{ mol/m}^3$.

$$V_1 := 10 \cdot \text{cm}^3 \quad V_2 := 5 \cdot \text{cm}^3 \quad A := 3.14 \cdot \text{cm}^2 \quad t^\circ := 180 \cdot \text{min} \quad K := 2 \quad s := 7 \cdot \text{mm} \quad D := 5 \cdot \text{mm}$$

$$\frac{d}{dt} n_{A1} = V_1 \cdot \left(\frac{d}{dt} C_{A1} \right) = -W_A = -A \cdot K_C \cdot (C_{A1} - C_{A2}) \quad C_{A1}(0) = C_{A10}$$

$$\frac{d}{dt} n_{A2} = V_2 \cdot \left(\frac{d}{dt} C_{A2} \right) = W_A = A \cdot K_C \cdot (C_{A1} - C_{A2}) \quad C_{A2}(0) = C_{A20} = 0$$

$$\frac{d}{dt} \delta_A = A \cdot K_C \cdot \left(\frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2} \right) \cdot \delta_A \quad \delta_A = C_{A1} - C_{A2} \quad \delta_A(0) = C_{A10} - C_{A20}$$

$$\tau := \frac{-t^\circ}{\ln(0.5)} = 1.558 \times 10^4 \text{ s} \quad K_C := \frac{1}{A \cdot \tau \cdot \left(\frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2} \right)} = 6.813 \times 10^{-7} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad D_{AC} := K \cdot s \cdot K_C = 9.538 \times 10^{-9} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$N_{Re} := 10^4 \quad D_{AB} := 10^{-8} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{sec}} \quad T_0 := 25^\circ\text{C} \quad C_{Apol} := 25 \cdot \frac{\text{mol}}{\text{m}^3}$$

$$N_{Sc} := \frac{\nu_w(T_0)}{D_{AB}} = 91.327 \quad N_{Sh} := 2 + 0.6 \cdot N_{Re}^{0.5} \cdot N_{Sc}^{0.33} \quad N_{Sh} = 268.164 \quad k_c := \frac{D_{AB}}{D} \cdot N_{Sh} \quad k_c = 5.363 \times 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$N_{A0} := k_c \cdot (C_{Apol}) = 0.013 \frac{\text{mol}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$$

$$N_{Bi.mat} := \frac{k_c}{\frac{D_{AC}}{D}} = 281.139$$

Parametri distribuiti

$$\frac{D_{AB}}{D_{AC}} \cdot N_{Sh} = 281.139$$