

Principi di Ingegneria Chimica
Anno Accademico 2014-2015

Cognome	Nome	Matricola	Firma
E-mail:			

Problema 1. Una sfera, di raggio R , conducibilità k , densità ρ , calore specifico \hat{C}_p e temperatura iniziale T_0 , è ferma in aria calda stagnante a temperatura T_a . Al centro della sfera, dopo un tempo t_1 corrispondente ad un tempo adimensionale X_1 si registra una temperatura T_1 . Calcolare:

1. La conducibilità della sfera, k ;
2. Il raggio della sfera, R ;
3. Il coefficiente di scambio di calore per convezione tra la sfera e l'aria, h , (in condizioni iniziali, quando la superficie della sfera è a temperatura T_0).

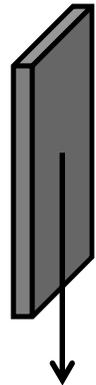
Dati. $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$; $\hat{C}_p = 5 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$; $T_0 = 10^\circ\text{C}$, $T_a = 100^\circ\text{C}$, $T_1 = 73^\circ\text{C}$, $X_1 = 1.0$, $t_1 = 1000 \text{ s}$.

Problema 2. Una lamina a base quadrata di lato L , spessore s e densità ρ_S cade verticalmente in acqua alla velocità terminale v_{SS} . La lamina è sede di una generazione di calore volumetrica G , grazie alla quale essa si mantiene alla temperatura costante T_L , mentre l'acqua è alla temperatura costante T_W .

Calcolare:

1. Il coefficiente di attrito medio tra lamina e acqua, f ;
2. La densità della lamina, ρ_S ;
3. Il valore della generazione volumetrica, G .

Dati. $L = 10 \text{ cm}$, $v_{SS} = 12 \text{ m/s}$, $T_L = 80^\circ\text{C}$, $T_W = 20^\circ\text{C}$.



Istruzioni: compilare innanzitutto con i propri dati la parte alta di questo foglio; per le risposte utilizzare solo questo foglio.

Prova scritta - 14 settembre 2015



Problema 1. Una sfera, di raggio R , conducibilità k , densità ρ , calore specifico \hat{C}_P e temperatura iniziale T_0 , è ferma in aria calda stagnante a temperatura T_a . Al centro della sfera, dopo un tempo t_1 corrispondente ad un tempo adimensionale X_1 si registra una temperatura T_1 . Calcolare:

1. La conducibilità della sfera, k ;
2. Il raggio della sfera, R ;
3. Il coefficiente di scambio di calore per convezione tra la sfera e l'aria, h , (in condizioni iniziali, quando la superficie della sfera è a temperatura T_0).

Dati. $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$; $\hat{C}_P = 5 \text{ kJ/(kg}\cdot\text{K)}$; $T_0 = 10^\circ\text{C}$, $T_a = 100^\circ\text{C}$, $T_1 = 73^\circ\text{C}$, $X_1 = 1.0$, $t_1 = 1000 \text{ s}$.

$$\rho := 800 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad C_P := 5 \cdot \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \quad T_0 := 10^\circ\text{C} \quad T_a := 100^\circ\text{C} \quad T_1 := 73^\circ\text{C} \quad X_1 := 1.0 \quad t_1 := 10^3 \cdot \text{s}$$

$$\alpha_{R2} := \frac{X_1}{t_1} = 1 \times 10^{-3} \frac{1}{\text{s}}$$

$$T_{\text{film}} := \frac{T_a + T_0}{2} = 55^\circ\text{C} \quad k_A(T_{\text{film}}) = 0.028 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$$

In aria stagnante, per una sfera

$$N_{\text{Nu}} = \frac{h \cdot D}{k_A} = 2$$

$n = 0$ al centro

$$Y_1 := \frac{T_1 - T_a}{T_0 - T_a} = 0.3$$

dal grafico
 $m := 2$

Quindi

$$(A) \quad \frac{\alpha}{R^2} = \frac{k}{\rho \cdot C_P \cdot R^2} = 10^{-3} \cdot \frac{1}{\text{s}}$$

$$(B) \quad m = \frac{h \cdot R}{k} = 2$$

$$(C) \quad N_{\text{Nu}} = \frac{h \cdot 2 \cdot R}{k_A} = 2$$

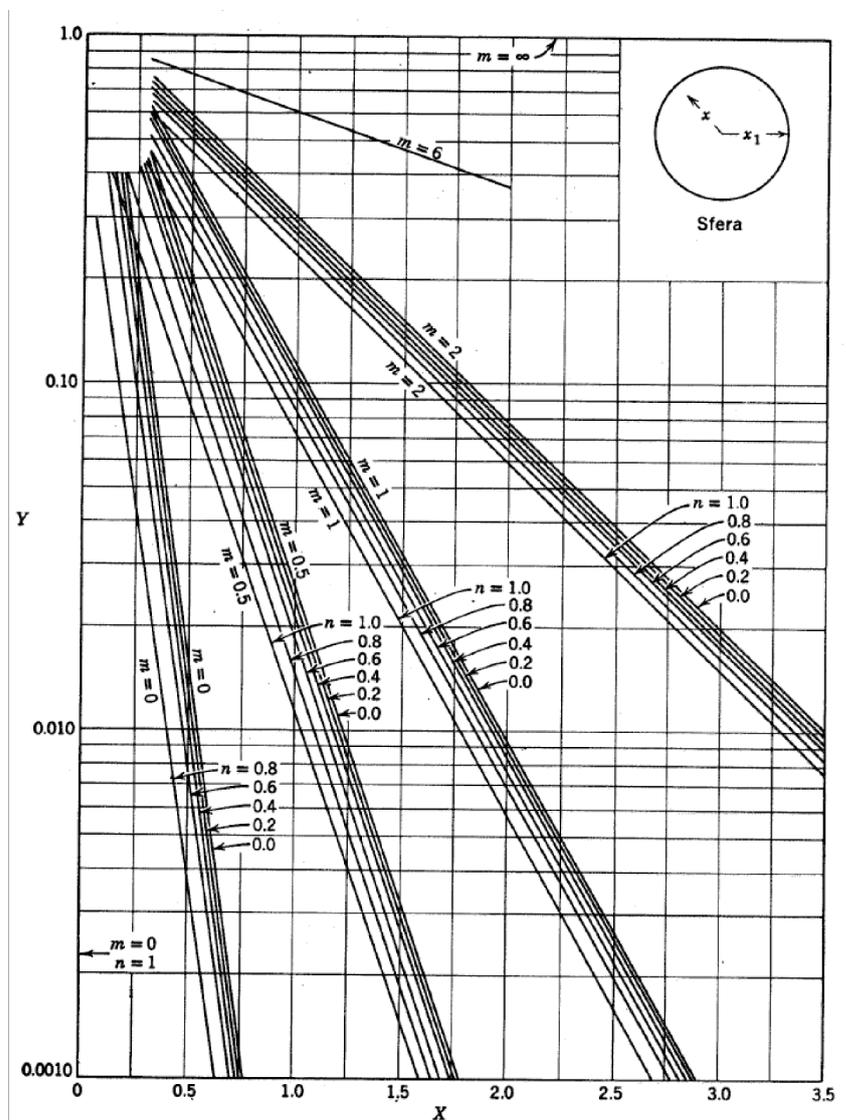
Tre equazioni nelle tre incognite k , R e h . Dividendo (C)/(B)

$$\frac{\frac{h \cdot 2 \cdot R}{k_A}}{\frac{h \cdot R}{k}} = \frac{2 \cdot k}{k_A(T_{\text{film}})} = 1$$

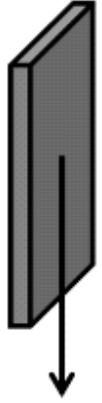
$$k := \frac{k_A(T_{\text{film}})}{2} = 0.014 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}}$$

$$\text{Dalla (A)} \quad R_{\text{w}} := \sqrt{\frac{k}{\rho \cdot C_P \cdot \alpha_{R2}}} = 0.188 \cdot \text{cm}$$

$$\text{Dalla (B)} \quad h := \frac{m \cdot k}{R} = 15.007 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$



Problema 2. Una lamina a base quadrata di lato L , spessore s e densità ρ_S cade verticalmente in acqua alla velocità terminale v_{SS} . La lamina è sede di una generazione di calore volumetrica G , grazie alla quale essa si mantiene alla temperatura costante T_L , mentre l'acqua è alla temperatura costante T_W . Calcolare:



1. Il coefficiente di attrito medio tra lamina e acqua, f ;
2. La densità della lamina, ρ_S ;
3. Il valore della generazione volumetrica, G .

Dati. $L = 10$ cm, $v_{SS} = 12$ m/s, $T_L = 80^\circ\text{C}$, $T_W = 20^\circ\text{C}$.

$$v_{SS} := 12 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad T_L := 80^\circ\text{C} \quad T_W := 20^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{film}} := \frac{T_L + T_W}{2} = 50^\circ\text{C} \quad L := 10 \cdot \text{cm}$$

$$k_w(T_{\text{film}}) = 0.64 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}} \quad \rho_w(T_{\text{film}}) = 987.582 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\nu_w(T_{\text{film}}) = 5.612 \times 10^{-7} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \quad N_{\text{Pr.w}}(T_{\text{film}}) = 3.621$$

Bilancio di forze allo stato stazionario sulla lamina

$$F_{\text{attrito}} = F_{\text{peso}} - F_{\text{galleggiamento}}$$

$$f \cdot \frac{\rho_w \cdot v_{SS}^2}{2} \cdot s \cdot L = (\rho_S - \rho_w) \cdot s \cdot L^2 \cdot g \quad (\text{A})$$

$$f_{\text{lamina}}(N_{\text{Re}}) := 2 \cdot \left[0.664 \cdot N_{\text{Re}}^{-0.5} + \text{if} \left[5 \cdot 10^5 < N_{\text{Re}} < 1 \cdot 10^8, \left[1 - \left(\frac{5 \cdot 10^5}{N_{\text{Re}}} \right)^{0.8} \right] \cdot 0.036 \cdot \left(\frac{1}{N_{\text{Re}}^{0.2}} \right), 0 \right] \right]$$

$$N_{\text{Re}} := \frac{v_{SS} \cdot L}{\nu_w(T_{\text{film}})} = 2.138 \times 10^6$$

$$f_1 := f_{\text{lamina}}(N_{\text{Re}}) = 3.59 \times 10^{-3}$$

Ovvero dal grafico di pagina 419

Semplificando l'eq. (A) $f \cdot \frac{\rho_w \cdot v_{SS}^2}{2} = (\rho_S - \rho_w) \cdot L \cdot g$

$$\rho_S := \rho_w(T_{\text{film}}) + f_1 \cdot \frac{\rho_w(T_{\text{film}}) \cdot v_{SS}^2}{2 \cdot L \cdot g} = 1.248 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Per questo sistema $\frac{f}{2} = j_H \quad j_H := \frac{f_1}{2} = 1.795 \times 10^{-3} \quad N_{\text{Nu}} := j_H \cdot N_{\text{Re}} \cdot N_{\text{Pr.w}}(T_{\text{film}})^{\frac{1}{3}} = 5.894 \times 10^3$

$$h_w := \frac{N_{\text{Nu}} \cdot k_w(T_{\text{film}})}{L} = 3.775 \times 10^4 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$G_w := h \cdot (T_L - T_W) \cdot 2 \cdot L^2 = 45.301 \cdot \text{kW}$$