

Principi di Ingegneria Chimica  
Anno Accademico 2013-2014

Cognome	Nome	Matricola	Firma

**Problema 1.** Una sferetta di plastica di diametro  $D$  e densità  $\rho_s$  viene fatta cadere in tre fluidi con le caratteristiche riportate in tabella, registrando tre diversi valori di velocità terminale di caduta. Calcolare:

1. Il diametro della sfera;
2. La densità della sfera;
3. La viscosità del fluido 3.

**Dati.**

	Densità, $\text{kg}\cdot\text{m}^3$	Viscosità, $\text{Pa}\cdot\text{s}$	Velocità terminale, $\text{m/s}$
Fluido 1	$\rho_1 = 1000$	$\mu_1 = 0.001$	$v_1 = 0.131$
Fluido 2	$\rho_2 = 1050$	$\mu_2 = 0.500$	$v_2 = 0.00109$
Fluido 3	$\rho_3 = 900$	Da calcolare	$v_3 = 0.100$

**Problema 2.** Un televisore a schermo piatto (46", 16:9) di spessore  $s$ , quando è acceso è sede di una generazione di calore  $G$ . Il televisore è appeso ad una parete praticamente adiabatica in una stanza in cui l'aria è a temperatura  $T_a$ . Calcolare:

1. La temperatura di stato stazionario che raggiunge il televisore acceso;
2. Il coefficiente di scambio termico interfase per convezione naturale  $h$  tra il televisore (considerato come una lastra piana verticale) e l'aria della stanza;
3. La legge di raffreddamento del televisore a partire dal momento in cui viene spento.

(46", 16:9 significa che la diagonale dello schermo è lunga 46 pollici e che il rapporto tra il lato lungo e il lato corto è 16/9).

**Dati.**  $s = 6 \text{ cm}$ ;  $G = 1 \text{ kW/m}^3$ ;  $T_a = 20^\circ\text{C}$ .

---

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

**Prova scritta - 22 luglio 2014**



**Problema 1.** Una sferetta di plastica di diametro  $D$  e densità  $\rho_s$  viene fatta cadere in un tre liquidi con le caratteristiche riportate in tabella, registrando tre diversi valori di velocità terminale di caduta. Calcolare:

1. Il diametro della sfera;
2. La densità della sfera;
3. La viscosità del fluido 3.

**Dati.**

	Densità, $\text{kg}\cdot\text{m}^3$	Viscosità, $\text{Pa}\cdot\text{s}$	Velocità terminale, $\text{m/s}$
Fluido 1	$\rho_1 = 1000$	$\mu_1 = 0.001$	$v_1 = 0.131$
Fluido 2	$\rho_2 = 1050$	$\mu_2 = 0.500$	$v_2 = 0.00109$
Fluido 3	$\rho_3 = 900$	Da calcolare	$v_3 = 0.100$

$$\rho_1 := 1000 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \mu_1 := 0.001 \cdot \text{Pa}\cdot\text{s} \quad v_1 := 0.131 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \rho_3 := 900 \cdot \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

$$\rho_2 := 1050 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \mu_2 := 0.5 \cdot \text{Pa}\cdot\text{s} \quad v_2 := 1.09 \cdot \frac{\text{mm}}{\text{s}} \quad v_3 := 0.1 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$f_1 = \frac{4}{3} \cdot \frac{g \cdot D}{v_1^2} \cdot \frac{\rho_s - \rho_1}{\rho_1} = f_s \left( N_{\text{Re}.1} = \frac{v_1 \cdot D \cdot \rho_1}{\mu_1} \right) \quad f_2 = \frac{4}{3} \cdot \frac{g \cdot D}{v_2^2} \cdot \frac{\rho_s - \rho_2}{\rho_2} = f_s \left( N_{\text{Re}.2} = \frac{v_2 \cdot D \cdot \rho_2}{\mu_2} \right)$$

$$D := 2 \quad \rho_s := 1100 \quad \text{valori di primo tentativo}$$

Given

$$\frac{4}{3} \cdot \frac{g \cdot (D \cdot \text{cm})}{v_1^2} \cdot \frac{(\rho_s \cdot \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}) - \rho_1}{\rho_1} = f_s \left[ \frac{v_1 \cdot (D \cdot \text{cm}) \cdot \rho_1}{\mu_1} \right] \quad \frac{4}{3} \cdot \frac{g \cdot (D \cdot \text{cm})}{v_2^2} \cdot \frac{(\rho_s \cdot \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}) - \rho_2}{\rho_2} = f_s \left[ \frac{v_2 \cdot (D \cdot \text{cm}) \cdot \rho_2}{\mu_2} \right]$$

$$\left( \frac{D}{\rho_{sv}} \right) := \text{Minerr}(D, \rho_s) = \begin{pmatrix} 1 \\ 1.06 \times 10^3 \end{pmatrix}$$

$$D := D \cdot \text{cm}$$

$$\rho_{sv} := \rho_s \cdot \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

$$D = 1 \cdot \text{cm}$$

$$\rho_s = 1.06 \times 10^3 \cdot \text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

Oppure si procede per tentativi:

$$D := 2 \cdot \text{cm} \quad \text{valore di primo tentativo}$$

$$N_{\text{Re}.1} := \frac{v_1 \cdot D \cdot \rho_1}{\mu_1} = 2.62 \times 10^3$$

$$N_{\text{Re}.2} := \frac{v_2 \cdot D \cdot \rho_2}{\mu_2} = 0.046$$

$$f_1 := f_s(N_{\text{Re}.1}) = 0.405$$

$$f_2 := f_s(N_{\text{Re}.2}) = 524.246$$

$$(A) \quad f_1 = \frac{4}{3} \cdot \frac{g \cdot D}{v_1^2} \cdot \frac{\rho_s - \rho_1}{\rho_1} \quad \text{risolvere (A) per } \rho_s$$

$$\rho_{sv} := \frac{3 \cdot f_2 \cdot \rho_2 \cdot v_2^2 + 4 \cdot D \cdot g \cdot \rho_2}{4 \cdot D \cdot g} = 1.053 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$(B) \quad f_2 = \frac{4}{3} \cdot \frac{g \cdot D}{v_2^2} \cdot \frac{\rho_s - \rho_2}{\rho_2} \quad \text{risolvere (B) per } D$$

$$D := \frac{3 \cdot f_1 \cdot v_1^2 \cdot \rho_1}{4 \cdot g \cdot \rho_1 - 4 \cdot g \cdot \rho_s} = 0.01 \text{ m}$$

$$N_{Re.1} := \frac{v_1 \cdot D \cdot \rho_1}{\mu_1} = 1.326 \times 10^3$$

$$f_{1.1} := f_s(N_{Re.1}) = 0.456$$

$$N_{Re.2} := \frac{v_2 \cdot D \cdot \rho_2}{\mu_2} = 0.023$$

$$f_{2.2} := f_s(N_{Re.2}) = 1.036 \times 10^3$$

$$\rho_{sv} := \frac{3 \cdot f_2 \cdot \rho_2 \cdot v_2^2 + 4 \cdot D \cdot g \cdot \rho_2}{4 \cdot D \cdot g} = 1.06 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$D := \frac{3 \cdot f_1 \cdot v_1^2 \cdot \rho_1}{4 \cdot g \cdot \rho_1 - 4 \cdot g \cdot \rho_s} = 0.01 \text{ m}$$

$$N_{Re.1} := \frac{v_1 \cdot D \cdot \rho_1}{\mu_1} = 1.312 \times 10^3$$

$$f_{1.1} := f_s(N_{Re.1}) = 0.457$$

$$N_{Re.2} := \frac{v_2 \cdot D \cdot \rho_2}{\mu_2} = 0.023$$

$$f_{2.2} := f_s(N_{Re.2}) = 1.047 \times 10^3$$

$$\rho_{sv} := \frac{3 \cdot f_2 \cdot \rho_2 \cdot v_2^2 + 4 \cdot D \cdot g \cdot \rho_2}{4 \cdot D \cdot g} = 1.06 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$D := \frac{3 \cdot f_1 \cdot v_1^2 \cdot \rho_1}{4 \cdot g \cdot \rho_1 - 4 \cdot g \cdot \rho_s} = 9.999 \times 10^{-3} \text{ m}$$

lRe := -3, -2.99..7

$$f_3 := \frac{4}{3} \cdot \frac{g \cdot D}{v_3^2} \cdot \frac{\rho_s - \rho_3}{\rho_3} = 2.324$$

$$N_{Re.3} := 100$$

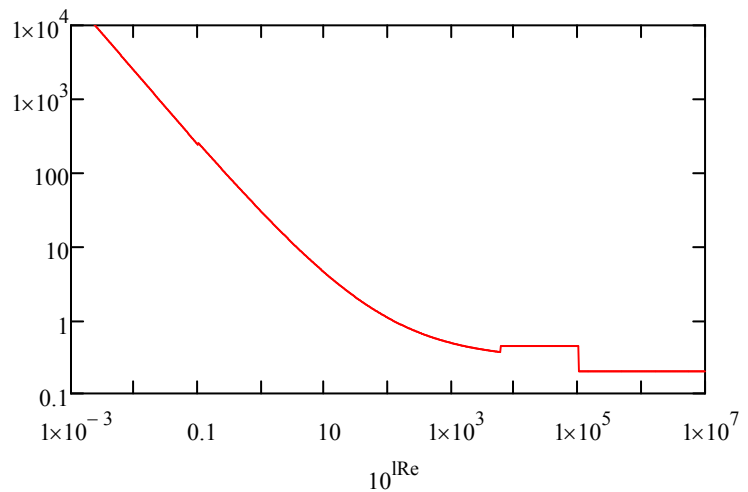
Given

$$f_3 = f_s(N_{Re.3})$$

$$N_{Re.3} := \text{Minerr}(N_{Re.3}) = 24.8$$

$$\mu_3 := \frac{v_3 \cdot D \cdot \rho_3}{N_{Re.3}} = 0.036 \cdot \text{Pa} \cdot \text{s}$$

$f_s(10^{lRe})$



**Problema 2.** Un televisore a schermo piatto (46", 16:9) di spessore  $s$ , quando è acceso è sede di una generazione di calore  $G$ . Il televisore è appeso ad una parete praticamente adiabatica in una stanza in cui l'aria è a temperatura  $T_a$ . Calcolare:

1. La temperatura di stato stazionario che raggiunge il televisore acceso;
2. Il coefficiente di scambio termico interfase per convezione naturale  $h$  tra il televisore (considerato come una lastra piana verticale) e l'aria della stanza;
3. La legge di raffreddamento del televisore a partire dal momento in cui viene spento.

(46", 16:9 significa che la diagonale dello schermo è lunga 46 pollici e che il rapporto tra il lato lungo e il lato corto è 16/9).

**Dati**  $s = 6 \text{ cm}$ ;  $G = 1 \text{ kW/m}^3$ ;  $T_a = 20^\circ\text{C}$ .

$$d := 46 \cdot \text{in} = 1.168 \text{ m} \quad L_1 := \frac{d}{\sqrt{1 + \left(\frac{16}{9}\right)^2}} = 0.573 \text{ m} \quad L_2 := \sqrt{d^2 - L_1^2} = 1.018 \text{ m}$$

$$s_T := 6 \cdot \text{cm} \quad \underline{\underline{G}} := 1 \cdot \frac{\text{kW}}{\text{m}^3} \quad T_a := 20^\circ\text{C}$$

$$N_{Pr}(T_T) := N_{Pr,A} \left( \frac{T_a + T_T}{2} \right) \quad N_{Gr}(T_T) := \frac{L_1^3 \cdot g \cdot \rho_A \left( \frac{T_a + T_T}{2} \right)^2 \cdot |T_T - T_a|}{\mu_A \left( \frac{T_a + T_T}{2} \right)^2 \left( \frac{T_T + T_a}{2} \right)}$$

$$N_{Nu}(T_T) := 0.515 \cdot (N_{Gr}(T_T) \cdot N_{Pr}(T_T))^{0.25} \quad h(T_T) := N_{Nu}(T_T) \cdot \frac{k_A \left( \frac{T_T + T_a}{2} \right)}{L_1}$$

$$T_T := 50^\circ\text{C} \quad \underline{\underline{V}} := L_1 \cdot L_2 \cdot s_T = 0.035 \cdot \text{m}^3$$

Given  $V \cdot G = L_1 \cdot L_2 \cdot h(T_T) \cdot (T_T - T_a)$

$$\underline{\underline{T_{T,ss}}} := \text{Minerr}(T_T) = 38.939^\circ\text{C}$$

$$h(T_T) = 3.168 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$\rho \cdot C_P \cdot V \cdot \frac{d}{dt} T_T(t) = -L_1 \cdot L_2 \cdot h(T_T(t)) \cdot (T_T(t) - T_a)$$

$$T_T(t = 0) = T_{T,ss}$$