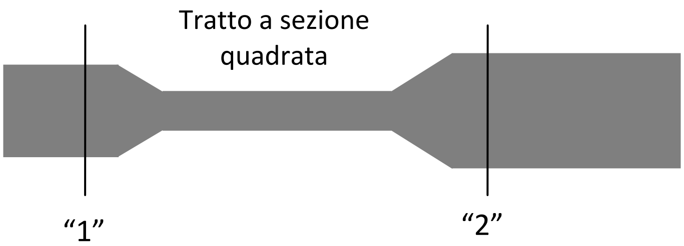
Principi di Ingegneria Chimica
Anno Accademico 2010-2011

Cognome	Nome	Matricola	Firma

Problema 1. Un tratto di tubazione liscia a sezione quadrata di lato W e lunghezza L è compresa tra una tubazione a sezione circolare di diametro D_1 e una tubazione a sezione circolare di diametro D_2. Quando nella tubazione circola acqua alla portata $\dot{V}$, la perdita di pressione registrata tra le sezioni 1 e 2 è ΔP. Calcolare:



1. Il fattore di attrito che si realizza nella tubazione a sezione quadrata;
2. Il numero di Reynolds che si realizza nella tubazione a sezione quadrata;
3. Il lato W della tubazione.

Dati. L = 10 cm, ΔP = 10 kPa, D_1 = 5 cm, D_2 = 7 cm, $\dot{V}$ = 10^{-2} m^3/s.

Problema 2. Un cilindro solido (densità ρ, calore specifico C_p, conducibilità termica k) di diametro D inizialmente a temperatura T_0 è investito perpendicolarmente da una corrente d'aria fredda alla temperatura T_a e alla velocità v. Calcolare:

1. Il coefficiente di scambio per convezione e il flusso di calore che il cilindro scambia con l'aria nelle condizioni iniziali,

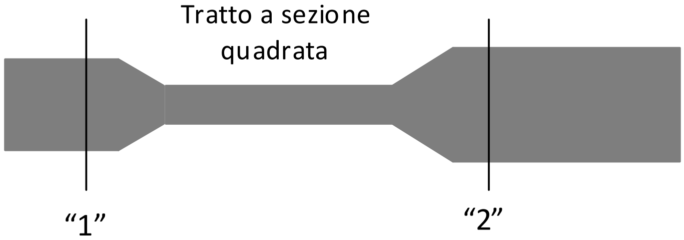
Nell'ipotesi che il coefficiente di scambio per convezione rimanga costante sul suo valore iniziale, determinare

2. il numero di Biot, verificando che il transitorio si deve descrivere a parametri distribuiti,
3. il profilo di temperatura in funzione del raggio dopo un tempo t^* (calcolare cioè la temperatura al raggio 0, $D/8$, $D/4$, $3D/8$ e $D/2$).

Dati. ρ = 2000 kg/m^3, C_p = 1000 J/kgK, k = 1.308 W/mK, D = 16 cm, T_0 = 600 °C, T_a = 20 °C, v = 10 m/s, t^* = 2 hr.

Problema 1. Un tratto di tubazione a sezione quadrata di lato *W* e lunghezza *L* è compresa tra una tubazione a sezione circolare di diametro D_1 e una tubazione a sezione circolare di diametro D_2. Quando nella tubazione circola acqua alla portata $\dot{V}$, la perdita di pressione registrata tra le sezioni 1 e 2 è ΔP. Calcolare:

1. Il fattore di attrito che si realizza nella tubazione a sezione quadrata;
2. Il numero di Reynolds che si realizza nella tubazione a sezione quadrata;
3. Il lato *W* della tubazione.



Dati. L = 10 cm, ΔP = 10 kPa, D_1 = 5 cm, D_2 = 7 cm, $\dot{V}$ = 10^{-2} m^3/s.

$L := 10\cdot cm \quad \Delta P := 10\cdot kPa \quad D_1 := 5\cdot cm \quad D_2 := 7\cdot cm \quad Vp := 10^{-2}\cdot\frac{m^3}{s} \quad \rho := 1000\cdot\frac{kg}{m^3} \quad \mu := 10^{-3}\cdot Pa\cdot s$

$$contrazione(W) := 0.45\cdot\left(1-\frac{4\cdot W^2}{\pi\cdot D_1^{\,2}}\right) \qquad espansione(W) := \left(\frac{\pi\cdot D_2^{\,2}}{4\cdot W^2}-1\right)^2 \qquad R_h(W) := \frac{W^2}{4\cdot W}$$

$$N_{Re}(W) := \frac{Vp}{W^2}\cdot\frac{\rho}{\mu}\cdot 4\cdot R_h(W)$$

$$v_1 := \frac{4\cdot Vp}{\pi\cdot D_1^{\,2}} = 5.093\,\frac{m}{s} \qquad v_2 := \frac{4\cdot Vp}{\pi\cdot D_2^{\,2}} = 2.598\,\frac{m}{s}$$

$$v_{sq}(W) := \frac{Vp}{W^2} \qquad \frac{v_1^{\,2}}{2}+\frac{\Delta P}{\rho}-\frac{v_2^{\,2}}{2} = 19.593\,\frac{m^2}{s^2}$$

$W := 1\cdot cm$

Given

$$\frac{v_1^{\,2}}{2}+\frac{\Delta P}{\rho} = \frac{v_2^{\,2}}{2}+\frac{v_{sq}(W)^2}{2}\cdot\left(contrazione(W)+espansione(W)+f\left(N_{Re}(W),0\right)\cdot\frac{L}{R_h(W)}\right)$$

$W := Minerr(W) = 4.27\cdot cm$

$$f\left(N_{Re}(W),0\right) = 3.759\times10^{-3} \qquad R_h(W) = 0.011\,m \qquad N_{Re}(W) = 2.342\times10^{5}$$

Problema 2. Un cilindro solido (densità ρ, calore specifico C_p, conducibilità termica *k*) di diametro *D* inizialmente a temperatura T_0 è investito perpendicolarmente da una corrente d'aria fredda alla temperatura T_a e alla velocità *v*. Calcolare:

1. Il coefficiente di scambio per convezione e il flusso di calore che il cilindro scambia con l'aria nelle condizioni iniziali,

Nell'ipotesi che il coefficiente di scambio per convezione rimanga costante sul suo valore iniziale, determinare

2. il numero di Biot, verificando che il transitorio si deve descrivere a parametri distribuiti,
3. il profilo di temperatura in funzione del raggio dopo un tempo *t** (calcolare cioè la temperatura al raggio 0, *D*/8, *D*/4, 3*D*/8 e *D*/2).

Dati. ρ = 2000 kg/m^3, C_p = 1000 J/kgK, *k* = 1.308 W/mK, *D* = 16 cm, T_0 = 600 °C, T_a = 20 °C, *v* = 10 m/s, *t** = 2 hr.

$W := 1 \cdot watt$

$\rho := 2000 \cdot \frac{kg}{m^3}$ $\quad C_P := 1000 \cdot \frac{J}{kg \cdot K}$ $\quad k := 1.308 \cdot \frac{W}{m \cdot K}$ $\quad D := 16 \cdot cm$ $\quad T_0 := 600\,°C = 873.15\,K$ $\quad T_a := 20\,°C = 293.15\,K$

$t° := 2 \cdot hr$ $\quad v := 10 \cdot \frac{m}{s}$ $\quad T_f := \frac{T_0 + T_a}{2} = 310 \cdot °C$

$R := \frac{D}{2} = 8 \cdot cm$ $\quad N_{Re} := \frac{v \cdot D}{\nu_A(T_f)} = 3.257 \times 10^4$ $\quad N_{Pr} := N_{Pr.A}(T_f) = 0.698$ $\quad \alpha := \frac{k}{\rho \cdot C_P} = 6.54 \times 10^{-7} \frac{m^2}{s}$

Correlazione 14.4-7 p. 440 nuova edizione

$N_{Nu} := \left(0.4 \cdot N_{Re}^{0.5} + 0.06 \cdot N_{Re}^{0.67}\right) \cdot N_{Pr}^{0.4} = 117.395$

$h := \frac{N_{Nu} \cdot k_A(T_f)}{D} = 32.716 \cdot \frac{W}{m^2 \cdot K}$ $\quad h \cdot (T_0 - T_a) = 18.975 \cdot \frac{kW}{m^2}$

$L_c := \frac{\frac{\pi \cdot D^2}{4}}{\pi \cdot D} = 0.04\,m$ $\quad \frac{L_c \cdot h}{k} = 1$ $\quad N_{Bi} := \frac{R \cdot h}{k} = 2.001$

$\lambda_1 := 1$ $\quad \lambda_1 := root\left(\lambda_1 \cdot J1(\lambda_1) - N_{Bi} \cdot J0(\lambda_1), \lambda_1\right) = 1.6$ $\quad A_1 := \frac{2}{\lambda_1} \cdot \frac{J1(\lambda_1)}{J0(\lambda_1)^2 + J1(\lambda_1)^2} = 1.338$

$\theta(\tau, \xi) := A_1 \cdot J0(\lambda_1 \cdot \xi) \cdot exp\left(-\lambda_1^2 \cdot \tau\right)$ <-- questa funzione è l'equivalente analitico del grafico (vale per X > 0.2)

$X := \frac{\alpha \cdot t°}{R^2} = 0.736$

$m := \frac{1}{N_{Bi}} = 0.5$ $\quad j := 0..4$ $\quad r_j := \frac{j}{8} \cdot D$

$r = \begin{pmatrix} 0 \\ 2 \\ 4 \\ 6 \\ 8 \end{pmatrix} \cdot cm$ $\quad \frac{r}{R} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0.25 \\ 0.5 \\ 0.75 \\ 1 \end{pmatrix}$ $\quad \theta\left(X, \frac{r}{R}\right) = \begin{pmatrix} 0.203671 \\ 0.195608 \\ 0.172376 \\ 0.136714 \\ 0.092789 \end{pmatrix}$

$\frac{T - T_a}{T_0 - T_a} = \theta$ $\quad T := T_a + (T_0 - T_a) \cdot \theta\left(X, \frac{r}{R}\right) = \begin{pmatrix} 138.129 \\ 133.453 \\ 119.978 \\ 99.294 \\ 73.817 \end{pmatrix} \cdot °C$