Principi di Ingegneria Chimica
Anno Accademico 2014-2015

Cognome	Nome	Matricola	Firma

E-mail:

Problema 1. Un serbatoio completamente pieno di un liquido perfettamente agitato, inizialmente a temperatura T_0, ha la forma di un cilindro di diametro D e lunghezza L. Esso è disposto in orizzontale, è costruito di lamiere metalliche sottili, di conducibilità termica molto elevata e capacità termica trascurabile. La parete laterale del serbatoio è investita da aria a temperatura T_A e con velocità v_A. Il coefficiente di scambio termico per convezione nel serbatoio è h_I, attraverso le pareti di base è h_B. Considerando per i parametri fisici le condizioni all'inizio del raffreddamento,

1. calcolare il coefficiente di scambio di calore per convezione tra parete laterale del cilindro e aria, h_L;
2. scrivere e risolvere il bilancio di energia in transitorio e a parametri concentrati sul cilindro;
3. sapendo che dopo un tempo t_1 la temperatura del liquido sarà T_1, calcolare la capacità termica, $\rho\hat{C}_P$, del liquido contenuto nel serbatoio.

Dati. $T_0 = 80°\text{C}$, $T_A = 15°\text{C}$, $v_A = 2\ \text{m/s}$, $L = 6\ \text{m}$, $D = 2\ \text{m}$, $h_I = 40\ \text{W/(m}^2\cdot\text{K)}$, $h_B = 10\ \text{W/(m}^2\cdot\text{K)}$, $t_1 = 2\ \text{h}$, $T_1 = 65°\text{C}$.

Problema 2. Una lastra a base quadrata di lato L e di semi-spessore b, di conducibilità k e capacità termica $\rho\hat{C}_P$, inizialmente alla temperatura uniforme T_0, è investita da una corrente di aria a temperatura T_A, con velocità v_A. Dopo un tempo t, la temperatura superficiale della lastra risulta essere T_S, la temperatura sul piano mediano della lastra risulta essere T_C.

1. Calcolare il coefficiente medio di scambio di calore per convezione tra lastra e aria, h_m, considerando per i parametri fisici le condizioni all'inizio del percorso di raffreddamento;
2. Determinare la conducibilità termica della lastra, k;
3. Determinare il semi-spessore della lastra, b.

Dati. $L = 2\ \text{m}$, $\rho\hat{C}_P = 2\ \text{MJ/(m}^3\cdot\text{K)}$, $T_0 = 90°\text{C}$, $T_A = 20°\text{C}$, $v_A = 5\ \text{m/s}$, $t = 68\ \text{m}$, $T_S = 46°\text{C}$, $T_C = 37°\text{C}$.

Problema 2. Una lastra a base quadrata di lato L e di semi-spessore b, di conducibilità k e capacità termica $\rho\hat{C}_P$, inizialmente alla temperatura uniforme T_0, è investita da una corrente di aria a temperatura T_A, con velocità v_A. Dopo un tempo t, la temperatura superficiale della lastra risulta essere T_S, la temperatura sul piano mediano della lastra risulta essere T_C.

1. Calcolare il coefficiente medio di scambio di calore per convezione tra lastra e aria, h_m, considerando per i parametri fisici le condizioni all'inizio del percorso di raffreddamento;
2. Determinare la conducibilità termica della lastra, k;
3. Determinare il semi-spessore della lastra, b.

Dati. $L = 2$ m, $\rho\hat{C}_P = 2$ MJ/(m³·K), $T_0 = 90$°C, $T_A = 20$°C, $v_A = 5$ m/s, $t = 68$ m, $T_S = 46$°C, $T_C = 37$°C.

$T_0 := 90\,°C \qquad T_A := 20\,°C \qquad T_S := 46\,°C \qquad T_C := 37\,°C$

$$\rho C_P := 1000\cdot\frac{kg}{m^3}\cdot 2\cdot\frac{kJ}{kg\cdot K} = 2\times 10^6\cdot\frac{J}{m^3\cdot K} \qquad v := 5\cdot\frac{m}{s} \qquad L := 2\cdot m \qquad t := 68\cdot min$$

$$T_f := \frac{T_0 + T_A}{2} = 55\cdot °C \qquad \nu_A(T_f) = 1.831\times 10^{-5}\,\frac{m^2}{s} \qquad k_A(T_f) = 0.028\cdot\frac{W}{m\cdot K} \qquad N_{Pr.A}(T_f) = 0.708$$

$$N_{Re} := \frac{v\cdot L}{\nu_A(T_f)} = 5.463\times 10^5$$

$$j(N_{Re}) := \left[0.664\cdot N_{Re}^{-0.5} + \text{if}\left[5\cdot 10^5 < N_{Re} < 1\cdot 10^8, \left[1 - \left(\frac{5\cdot 10^5}{N_{Re}}\right)^{0.8}\right]\cdot 0.036\cdot\left(\frac{1}{N_{Re}^{0.2}}\right), 0\right]\right] \qquad j(N_{Re}) = 1.074\times 10^{-3}$$

$$N_{Nu} := j(N_{Re})\cdot N_{Re}\cdot N_{Pr.A}(T_f)^{0.333} = 522.853 \qquad h := N_{Nu}\cdot\frac{k_A(T_f)}{L} = 7.36\cdot\frac{W}{m^2\cdot K}$$

$$\theta_S := \frac{T_S - T_A}{T_0 - T_A} = 0.371$$

$$\theta_C := \frac{T_C - T_A}{T_0 - T_A} = 0.243$$

Dal grafico

$m_1 := 1 \qquad m_1 = \frac{k}{h\cdot b}$

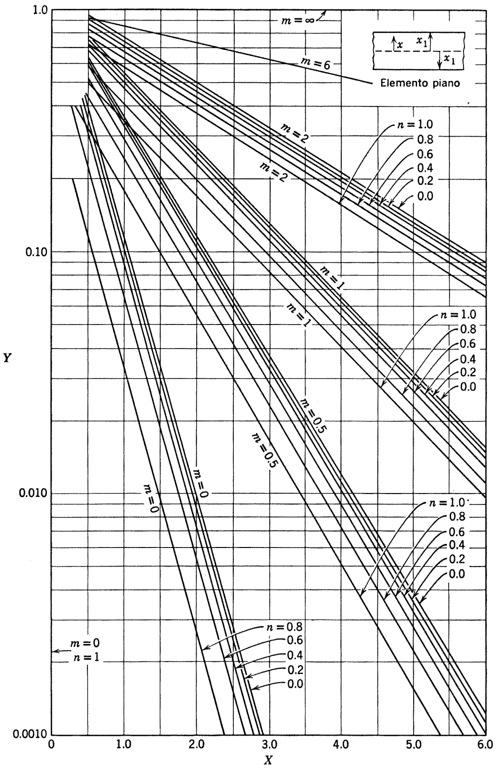
$X := 1.5 \qquad X = \frac{\alpha}{b^2}\cdot t = \frac{k\cdot t}{\rho C_P\cdot b^2}$

$k = m_1\cdot h\cdot b$

$$X = \frac{k\cdot t}{\rho C_P\cdot b^2} = \frac{m_1\cdot h\cdot b\cdot t}{\rho C_P\cdot b^2} = \frac{m_1\cdot h\cdot t}{\rho C_P\cdot b}$$

$$b := \frac{m_1\cdot h\cdot t}{\rho C_P\cdot X} = 0.01\cdot m$$

$$k := m_1\cdot h\cdot b = 0.074\cdot\frac{W}{m\cdot K}$$



Problema 1. Un serbatoio completamente pieno di un liquido perfettamente agitato, inizialmente a temperatura T_0, ha la forma di un cilindro di diametro D e lunghezza L. Esso è disposto in orizzontale, è costruito di lamiere metalliche sottili, di conducibilità termica molto elevata e capacità termica trascurabile. La parete laterale del serbatoio è investita da aria a temperatura T_A e con velocità v_A. Il coefficiente di scambio termico per convezione nel serbatoio è h_I, attraverso le pareti di base è h_B. Considerando per i parametri fisici le condizioni all'inizio del raffreddamento,

1. calcolare il coefficiente di scambio di calore per convezione tra parete laterale del cilindro e aria, h_L;
2. scrivere e risolvere il bilancio di energia in transitorio e a parametri concentrati sul cilindro;
3. sapendo che dopo un tempo t_1 la temperatura del liquido sarà T_1, calcolare la capacità termica, $\rho \hat{C}_P$, del liquido contenuto nel serbatoio.

Dati. $T_0 = 80°C$, $T_A = 15°C$, $v_A = 2\ m/s$, $L = 6\ m$, $D = 2\ m$, $h_I = 40\ W/(m^2{\cdot}K)$, $h_B = 10\ W/(m^2{\cdot}K)$, $t_1 = 2\ h$, $T_1 = 20°C$.

$T_0 := 80\,°C \qquad T_A := 15\,°C \qquad v_A := 2\cdot\frac{m}{s} \qquad L := 6\cdot m \qquad D := 2\cdot m \qquad h_I := 40\cdot\frac{W}{m^2\cdot K} \qquad h_B := 10\cdot\frac{W}{m^2\cdot K}$

$t_1 := 2\cdot hr \qquad T_1 := 65\,°C$

$T_f := \frac{T_0 + T_A}{2} = 47.5\cdot °C \qquad \nu_A(T_f) = 1.754\times 10^{-5}\frac{m^2}{s} \qquad k_A(T_f) = 0.028\cdot\frac{W}{m\cdot K}$

$N_{Re} := \frac{v_A\cdot D}{\nu_A(T_f)} = 2.28\times 10^5 \qquad N_{Pr.A}(T_f) = 0.71 \qquad N_{Nu} := \left(0.4\cdot N_{Re}^{0.5} + 0.06\cdot N_{Re}^{\frac{2}{3}}\right)\cdot N_{Pr.A}(T_f)^{0.4} = 361.722$

$h_L := \frac{N_{Nu}\cdot k_A(T_f)}{D} = 4.983\cdot\frac{W}{m^2\cdot K}$

$V_{cyl} := \frac{\pi\cdot D^2}{4}\cdot L = 18.85\cdot m^3 \qquad A_L := \pi\cdot D\cdot L = 37.699\,m^2 \qquad A_B := 2\cdot\frac{\pi\cdot D^2}{4} = 6.283\,m^2$

$u_L := \left(\frac{1}{h_L} + \frac{1}{h_I}\right)^{-1} = 4.431\,\frac{kg}{K\cdot s^3} \qquad u_B := \left(\frac{1}{h_B} + \frac{1}{h_I}\right)^{-1} = 8\,\frac{kg}{K\cdot s^3}$

$$\rho C_P\cdot V_{cyl}\cdot\frac{d}{dt}T(t) = -A_L\cdot u_L\cdot(T(t) - T_A) - A_B\cdot u_B\cdot(T(t) - T_A) = -(A_L\cdot u_L + A_B\cdot u_B)\cdot(T(t) - T_A)$$

$\frac{d}{dt}T(t) = -\frac{1}{\tau}\cdot(T(t) - T_A) \qquad \tau = \frac{(\rho C_P\cdot V_{cyl})}{(A_L\cdot u_L + A_B\cdot u_B)} \qquad$ I.C. $\quad T(t = 0) = T_0$

$\ln\left(\frac{T(t) - T_A}{T_0 - T_A}\right) = -\frac{t}{\tau} \qquad \frac{T(t) - T_A}{T_0 - T_A} = \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right) \qquad T(t) = T_A + (T_0 - T_A)\cdot\exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$

$\tau := \frac{-t_1}{\ln\left(\frac{T_1 - T_A}{T_0 - T_A}\right)} = 2.744\times 10^4\,s \qquad \rho C_P := \tau\cdot\left(\frac{A_L\cdot u_L + A_B\cdot u_B}{V_{cyl}}\right) = 3.164\times 10^5\cdot\frac{J}{m^3\cdot K}$