Principi di Ingegneria Chimica
Anno Accademico 2016-2017

Cognome	Nome	Matricola	Firma

E-mail:

Problema 1. Un semifreddo a forma di parallelepipedo, a base quadrata di lato W e di spessore s_1, a temperatura iniziale T_0, è posto a raffreddarsi in un congelatore a ripiani. Nel congelatore aria fredda a temperatura T_a investe la faccia superiore del semifreddo con velocità tangenziale v_a. Il ripiano su cui è appoggiato il semifreddo si può considerare praticamente adiabatico. Dopo un tempo t_1, la temperatura superficiale del semifreddo è scesa a T_s, mentre la temperatura dell'interfaccia tra il semifreddo e il ripiano del congelatore è scesa a T_c. Calcolare:

1. Il coefficiente di scambio per convezione tra il semifreddo e l'aria, h, considerando per i parametri fisici le condizioni all'inizio del percorso di raffreddamento;
2. La conducibilità termica, k, e la diffusività termica, α, del semifreddo;
3. Dopo quanto tempo la temperatura dell'interfaccia tra un semifreddo a base quadrata di lato W e di spessore $s_2 = s_1/2$ e il ripiano del congelatore scenderà a T_c.

Dati. $W = 20\ cm, s_1 = 4\ cm, T_0 = 25°C, T_a = 0°C, v_a = 1\frac{m}{s}, t_1 = 60\ min, T_S = 1.4°C, T_C = 2.1°C$.

Problema 2. In una tubazione orizzontale liscia di diametro interno d e lunghezza L, scorre acqua in regime di moto turbolento, per il quale la distribuzione di velocità obbedisce alla cosiddetta legge "a 1/7", ovvero $v_z(r) = v_{max}(1 - r/R)^{1/7}$, con $R =$ raggio interno della tubazione. Per queste condizioni di moto la velocità massima è v_{max}. In queste condizioni è valida anche la legge di Blausius, per la quale $f = 0.0791 N_{Re}^{-0.25}$. Attraverso la tubazione viene alimentato un serbatoio cilindrico di diametro D, che sul fondo ha un foro di diametro $d/2$. Calcolare:

1. La portata di acqua che scorre nella tubazione;
2. La perdita di carico ai capi della tubazione;
3. Il livello di liquido che si stabilisce nel serbatoio allo stato stazionario.

Dati. $d = 10\ cm, L = 5\ m, v_{max} = 2\frac{m}{s}$.

Problema 1. Un semifreddo a forma di parallelepipedo, a base quadrata di lato W e di spessore s_1, a temperatura iniziale T_0, è posto a raffreddarsi in un congelatore a ripiani. Nel congelatore aria fredda a temperatura T_a investe la faccia superiore del semifreddo con velocità tangenziale v_a. Il ripiano su cui è appoggiato il semifreddo si può considerare praticamente adiabatico. Dopo un tempo t_1, la temperatura superficiale del semifreddo è scesa a T_s, mentre la temperatura dell'interfaccia tra il semifreddo e il ripiano del congelatore è scesa a T_c. Calcolare:

1. Il coefficiente di scambio per convezione tra il semifreddo e l'aria, h, considerando per i parametri fisici le condizioni all'inizio del percorso di raffreddamento;
2. La conducibilità termica, k, e la diffusività termica, α, del semifreddo;
3. Dopo quanto tempo la temperatura dell'interfaccia tra un semifreddo a base quadrata di lato W e di spessore $s_2 = s_1/2$ e il ripiano del congelatore scenderà a T_c.

Dati $W = 20\ cm, s_1 = 4\ cm, T_0 = 25°C, T_a = 0°C, v_a = 1\frac{m}{s}, t_1 = 60\ min, T_S = 1.4°C, T_C = 2.1°C.$

$W := 20\cdot cm \quad s_1 := 4\cdot cm \quad T_0 := 25°C \quad T_a := 0°C \quad v_a := 1\cdot\frac{m}{s} \quad t_1 := 60\cdot min \quad T_s := 1.4°C \quad T_c := 2.1°C$

$T_f := \frac{T_0 + T_a}{2} = 12.5\cdot°C \qquad \nu_A(T_f) = 1.43\times 10^{-5}\frac{m^2}{s} \qquad k_A(T_f) = 0.125\frac{kg\cdot m}{s^3}\cdot\frac{W}{m\cdot K} \qquad N_{Pr.A}(T_f) = 0.715$

$N_{Re} := \frac{v_a\cdot W}{\nu_A(T_f)} = 1.399\times 10^4 \qquad j(N_{Re}) := \left[0.664 N_{Re}^{-0.5} + \text{if}\left[5\cdot 10^5 < N_{Re} < 1\cdot 10^8, \left[1-\left(\frac{5\cdot 10^5}{N_{Re}}\right)^{0.8}\right]\cdot 0.036\left(\frac{1}{N_{Re}^{0.2}}\right), 0\right]\right]$

$j(N_{Re}) = 5.614\times 10^{-3} \qquad N_{Nu} := j(N_{Re})\cdot N_{Re}\cdot N_{Pr.A}(T_f)^{0.333} = 70.22 \qquad h := N_{Nu}\cdot\frac{k_A(T_f)}{W} = 8.776\frac{watt}{m^2\cdot K}$

$Y_S := \frac{T_s - T_a}{T_0 - T_a} = 0.056$

$Y_C := \frac{T_c - T_a}{T_0 - T_a} = 0.084$

Dal grafico $\quad m_1 := 1 \qquad m_1 = \frac{k}{h\cdot s_1}$

$X := 3.5 \qquad X = \frac{\alpha}{s_1^2}\cdot t_1$

$k := m_1\cdot h\cdot s_1 = 0.351\cdot\frac{watt}{m\cdot K}$

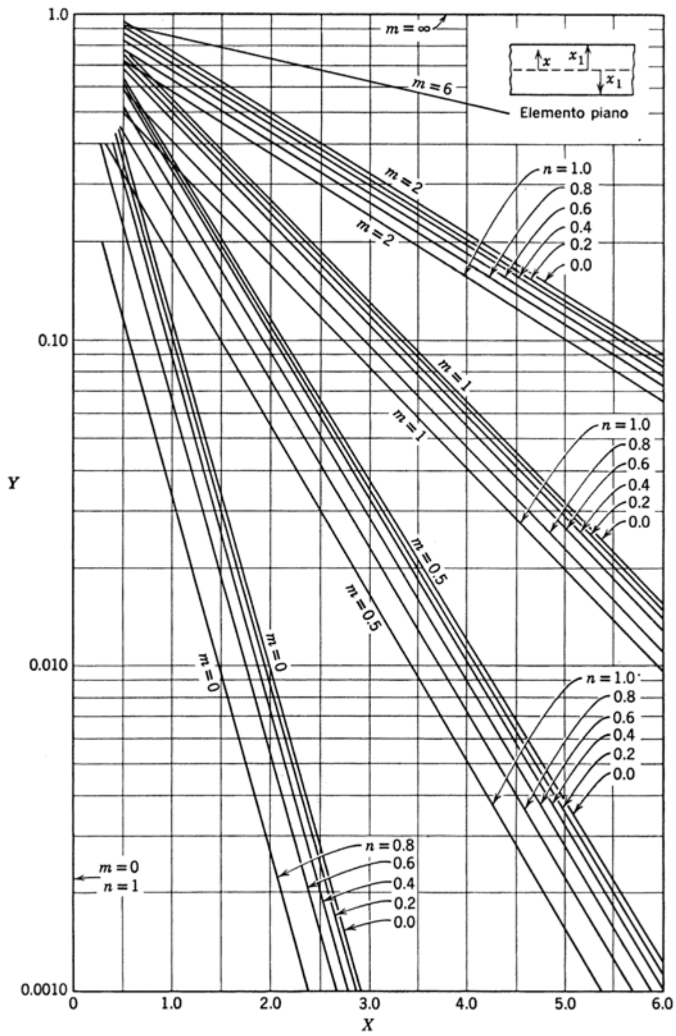
$\alpha := \frac{X\cdot s_1^2}{t_1} = 1.556\times 10^{-6}\frac{m^2}{s}$

$\rho C_P := \frac{k}{\alpha} = 2.257\times 10^5\cdot\frac{J}{m^3\cdot K}$

$s_2 := \frac{s_1}{2} = 2\cdot cm \qquad m_2 := \frac{k}{h\cdot s_2} = 2$

$n_2 = 0 \qquad Y = Y_C$

Dal grafico $\quad X_2 := 6 \qquad t_2 := \frac{X_2\cdot s_2^2}{\alpha} = 25.714\cdot min$



Problema 2. In una tubazione orizzontale liscia di diametro interno d e lunghezza L, scorre acqua in regime di moto turbolento, per il quale la distribuzione di velocità obbedisce alla cosiddetta legge "a 1/7", ovvero $v_z(r) = v_{max}(1 - r/R)^{1/7}$, con R = raggio interno della tubazione. Per queste condizioni di moto la velocità massima è v_{max}. In queste condizioni è valida anche la legge di Blausius, per la quale $f = 0.0791 N_{Re}^{-0.25}$. Attraverso la tubazione viene alimentato un serbatoio cilindrico di diametro D, che sul fondo ha un foro di diametro $d/2$. Calcolare:

1. La portata di acqua che scorre nella tubazione;
2. La perdita di carico ai capi della tubazione;
3. Il livello di liquido che si stabilisce nel serbatoio allo stato stazionario.

Dati $d = 10\,cm, L = 5\,m, v_{max} = 2\,\frac{m}{s}$.

$d := 10 \cdot cm \qquad L := 5m \qquad v_{max} := 2 \cdot \frac{m}{s} \qquad R := \frac{d}{2} \qquad \rho := 1000 \cdot \frac{kg}{m^3} \qquad \mu := 0.001 \cdot \frac{kg}{m \cdot s}$

$$V_p = \int_0^{2\cdot\pi} \left(\int_0^R v_z(r) \cdot r\,dr \right) d\theta = 2 \cdot \pi \cdot \int_0^R v_{max} \cdot \left(1 - \frac{r}{R}\right)^{\frac{1}{7}} \cdot r\,dr = -2 \cdot \pi \cdot v_{max} \cdot \int_1^0 y^{\frac{1}{7}} \cdot R \cdot (1 - y) \cdot R\,dy = \frac{49 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot v_{max}}{60}$$

$$y = 1 - \frac{r}{R}$$

$V_p := \frac{49 \cdot \pi \cdot R^2 \cdot v_{max}}{60} = 0.013\,\frac{m^3}{s} \qquad \frac{49}{60} = 0.817 \qquad v_{av} := \frac{4 \cdot V_p}{\pi \cdot d^2} = 1.633\,\frac{m}{s}$

$N_{Re} := v_{av} \cdot d \cdot \frac{\rho}{\mu} = \qquad f := 0.0791 \cdot N_{Re}^{-0.25} = 3.935 \times 10^{-3}$

$$f = \frac{1}{4} \cdot \frac{d}{L} \cdot \frac{\Delta P}{\frac{1}{2} \rho \cdot v_{av}^2} = 0.0791 \cdot N_{Re}^{-0.25} \qquad \Delta P := \frac{0.1582 \cdot L \cdot \rho \cdot v_{av}^2}{N_{Re}^{0.25} \cdot d} = 1.05 \cdot kPa$$

$$v_{efflusso} = \frac{4 \cdot V_p}{\pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2} = \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \qquad H := \frac{128 \cdot V_p^2}{\pi^2 \cdot d^4 \cdot g} = 2.176\,m$$