Principi di Ingegneria Chimica
Anno Accademico 2016-2017

Cognome	Nome	Matricola	Firma

E-mail:

Problema 1. Un radiatore è assimilabile ad una lastra piana verticale, quadrata di lato L. Una stanza, a base quadrata di lato W ed altezza H, è inizialmente alla temperatura T_{A0}, mentre la temperatura esterna è T_E. Le pareti sono tutte esposte all'aperto, e sono costituite da una superficie finestrata A_f con coefficiente di scambio per conduzione U_f (cioè un coefficiente di scambio che tiene conto SOLO della conduzione attraverso le pareti piane multiple che costituiscono la finestra), la restante superficie laterale è costituita da muri con coefficiente di scambio per conduzione U_m. I coefficienti di scambio per convezione interni ed esterni alla stanza valgono rispettivamente h_I e h_E. Calcolare:

1. La portata di calore dispersa dalle pareti della stanza in condizioni iniziali (trascurando le perdite attraverso soffitto e pavimento);
2. La portata di calore iniziale che si ottiene alimentando una portata $\dot{V}$ di fluido riscaldante (acqua calda), se questo è alimentato al radiatore alla temperatura T_1, e la temperatura a cui esce il fluido caldo dal radiatore (considerare i parametri dell'aria alla temperatura T_{A0} e i parametri dell'acqua alla temperatura T_1, la forza spingente in Grashof sia $|T_1 - T_{A0}|$);
3. La temperatura che si stabilisce nella stanza allo stato stazionario (si può assumere che i coefficienti di scambio rimangano invariati rispetto ai casi precedenti).

Dati. $L = 0.8\ m, W = 4\ m, H = 3\ m, T_{A0} = 2°C, T_E = -2°C, A_f = 8\ m^2, U_f = 1\frac{W}{m^2K}, U_m = 0.5\frac{W}{m^2K}$,
$U_f = 1\frac{W}{m^2K}, h_I = 10\frac{W}{m^2K}, h_E = 5\frac{W}{m^2K}, \dot{V} = 0.5\frac{litri}{minuto}, T_1 = 80°C.$

Problema 2. Un miscelatore da doccia funziona imponendo diverse perdite di carico concentrate alle portate di acqua calda (a temperatura T_c) e fredda (a temperatura T_f). Se la pressione del punto di alimentazione vale p_1, le tubazioni di casa hanno diametro interno d e scabrezza relativa k/d, la lunghezza delle tubazioni è L_{tot}, l'impianto idrico si può considerare come disposto in piano, le sommatorie delle perdite di carico valgono $\sum e_{v.caldo}$ e $\sum e_{v.freddo}$ (lungo il percorso dell'acqua calda c'è la caldaia), nel miscelatore il fluido caldo incontra una perdita di carico concentrata $e_{v.c}$ e il fluido freddo incontra una perdita di carico concentrata $e_{v.f}$, la pressione all'uscita del miscelatore è quella atmosferica. Calcolare:

1. La portata volumetrica di acqua calda che scorre attraverso il miscelatore;
2. La temperatura e la portata volumetrica dell'acqua (tiepida) che si ottiene a valle del miscelatore (miscelando acqua calda e fredda);
3. La temperatura e la portata volumetrica dell'acqua (tiepida) se improvvisamente la pressione del punto di alimentazione diventa $p_{1.mod}$.

Dati. $p_1 = 2\ bar, T_c = 60°C, T_f = 15°C, d = 2.5\ cm, \frac{k}{d} = 0.001, L_{tot} = 40\ m, \sum e_{v.caldo} = 6, \sum e_{v.freddo} = 4$,
$e_{v.c} = 0.2, e_{v.f} = 5, p_{1.mod} = 1.5\ bar.$

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

Problema 1. Un radiatore è assimilabile ad una lastra piana verticale, quadrata di lato L. Una stanza, a base quadrata di lato W ed altezza H, è inizialmente alla temperatura T_{A0}, mentre la temperatura esterna è T_E. Le pareti sono tutte esposte all'aperto, e sono costituite da una superficie finestrata A_f con coefficiente di scambio per conduzione U_f (cioè un coefficiente di scambio che tiene conto SOLO della conduzione attraverso le pareti piane multiple che costituiscono la finestra), la restante superficie laterale è costituita da muri con coefficiente di scambio per conduzione U_m. I coefficienti di scambio per convezione interni ed esterni alla stanza valgono rispettivamente h_I e h_E. Calcolare:

1. La portata di calore dispersa dalle pareti della stanza in condizioni iniziali (trascurando le perdite attraverso soffitto e pavimento);
2. La portata di calore iniziale che si ottiene alimentando una portata $\dot{V}$ di fluido riscaldante (acqua calda), se questo è alimentato al radiatore alla temperatura T_1, e la temperatura a cui esce il fluido caldo dal radiatore (considerare i parametri dell'aria alla temperatura T_{A0} e i parametri dell'acqua alla temperatura T_1, la forza spingente in Grashof sia $|T_1 - T_{A0}|$);
3. La temperatura che si stabilisce nella stanza allo stato stazionario (si può assumere che i coefficienti di scambio rimangano invariati rispetto ai casi precedenti).

Dati $L = 0.8\ m, W = 4\ m, H = 3\ m, T_{A0} = 2°C, T_E = -2°C, A_f = 8\ m^2, U_f = 1\frac{W}{m^2K}, U_m = 0.5\frac{W}{m^2K}$,
$U_f = 1\frac{W}{m^2K}, h_I = 10\frac{W}{m^2K}, h_E = 5\frac{W}{m^2K}, \dot{V} = 0.5\frac{litri}{minuto}, T_1 = 80°C$.

$L := 0.8\cdot m \qquad W_s := 4\cdot m \qquad H := 3\cdot m \qquad T_{A0} := 2\,°C \qquad T_E := (-2)\,°C \qquad A_f := 8\cdot m^2$

$U_f := 1\cdot\frac{W}{m^2\cdot K} \qquad U_m := 0.5\cdot\frac{W}{m^2\cdot K} \qquad h_I := 10\cdot\frac{W}{m^2\cdot K} \qquad h_E := 5\,\frac{W}{m^2\cdot K} \qquad V_p := 0.5\cdot\frac{liter}{min} \qquad T_1 := 80\,°C$

$A_{lat} := 4\cdot W_s\cdot H = 48\,m^2 \qquad A_m := A_{lat} - A_f = 40\,m^2$

$U_{tot.m} := \left(\frac{1}{h_I} + \frac{1}{U_m} + \frac{1}{h_E}\right)^{-1} = 0.435\cdot\frac{W}{m^2\cdot K} \qquad U_{tot.f} := \left(\frac{1}{h_I} + \frac{1}{U_f} + \frac{1}{h_E}\right)^{-1} = 0.769\cdot\frac{W}{m^2\cdot K}$

$Q_{persa0} := \left(A_m\cdot U_{tot.m} + A_f\cdot U_{tot.f}\right)\cdot\left(T_{A0} - T_E\right) = 94.181\cdot W$

$N_{Gr} := \dfrac{L^3\cdot\rho_A(T_{A0})^2\cdot g\cdot\dfrac{|T_1 - T_{A0}|}{T_{A0}}}{\mu_A(T_{A0})^2} = 7.987\times 10^9$

$N_{Pr} := N_{Pr.A}(T_{A0}) = 0.716$

$N_{Nu} := 0.59\cdot(N_{Gr}\cdot N_{Pr})^{0.25} = 162.237$

$h_P := \frac{N_{Nu}\cdot k_A(T_{A0})}{L} = 4.913\frac{W}{m^2\cdot K}$

$Q = V_p\cdot\rho\cdot C_P\cdot(T_1 - T_2) = h_P\cdot L^2\cdot\Delta T_{ml} = h_P\cdot L^2\cdot\dfrac{(T_1 - T_{A0}) - (T_2 - T_{A0})}{\ln\left[\dfrac{(T_1 - T_{A0})}{(T_2 - T_{A0})}\right]}$

semplificando

$\ln\left[\frac{(T_1 - T_{A0})}{(T_2 - T_{A0})}\right] = \frac{h_P\cdot L^2}{V_p\cdot\rho\cdot C_P} \qquad \frac{(T_1 - T_{A0})}{(T_2 - T_{A0})} = \exp\left(\frac{h_P\cdot L^2}{V_p\cdot\rho\cdot C_P}\right) = E \qquad E := \exp\left(\frac{h_P\cdot L^2}{V_p\cdot\rho_w(T_1)\cdot C_{P.w}(T_1)}\right) = 1.097$

$T_2 := \frac{T_1 + T_{A0}\cdot(E-1)}{E} = 73.107\,°C \qquad Q_{fornita} := V_p\cdot\rho_w(T_1)\cdot C_{P.w}(T_1)\cdot(T_1 - T_2) = 234.271W \qquad T_2 = 346.257K$

Allo stato stazionario, il calore fornito dal radiatore è uguale a quello perso attraverso la superficie laterale

$T_A := T_{A0}$ primo tentativo

Given $\quad h_P\cdot L^2\cdot\dfrac{(T_1 - T_A) - \left[\dfrac{T_1 + T_A\cdot(E-1)}{E} - T_A\right]}{\ln\left[\dfrac{(T_1 - T_A)}{\left[\dfrac{T_1 + T_A\cdot(E-1)}{E} - T_A\right]}\right]} = \left(A_m\cdot U_{tot.m} + A_f\cdot U_{tot.f}\right)\cdot\left(T_A - T_E\right)$

$T_A := \text{Minerr}(T_A) = 7.277\,°C$

$T_A = 280.427K$

Problema 2. Un miscelatore da doccia funziona imponendo diverse perdite di carico concentrate alle portate di acqua calda (a temperatura T_c) e fredda (a temperatura T_f). Se la pressione del punto di alimentazione vale p_1, le tubazioni di casa hanno diametro interno d e scabrezza relativa k/d, la lunghezza delle tubazioni è L_{tot}, l'impianto idrico si può considerare come disposto in piano, le sommatorie delle perdite di carico valgono $\sum e_{v.caldo}$ e $\sum e_{v.freddo}$ (lungo il percorso dell'acqua calda c'è la caldaia), nel miscelatore il fluido caldo incontra una perdita di carico concentrata $e_{v.c}$ e il fluido freddo incontra una perdita di carico concentrata $e_{v.f}$, la pressione all'uscita del miscelatore è quella atmosferica. Calcolare:

1. La portata volumetrica di acqua calda che scorre attraverso il miscelatore;
2. La temperatura e la portata volumetrica dell'acqua (tiepida) che si ottiene a valle del miscelatore (miscelando acqua calda e fredda);
3. La temperatura e la portata volumetrica dell'acqua (tiepida) se improvvisamente la pressione del punto di alimentazione diventa $p_{1.mod}$.

Dati $p_1 = 2\ bar, T_c = 60°C, T_f = 15°C, d = 2.5\ cm, \frac{k}{d} = 0.001, L_{tot} = 40\ m, \sum e_{v.caldo} = 6, \sum e_{v.freddo} = 4$, $e_{v.c} = 0.2, e_{v.f} = 5, p_{1.mod} = 1.5\ bar$.

$p_1 := 2 \cdot bar$ $\quad L_{tot} := 40 \cdot m$ $\quad \Sigma e_{v.caldo} := 6$ $\quad \Sigma e_{v.freddo} := 4$ $\quad d := 2.5 \cdot cm$ $\quad k\_d := 0.001$ $\quad \mu := 0.001 \cdot Pa \cdot s$

$p_2 := 1 \cdot bar$ $\quad p_{1.mod} := 1.5 \cdot bar$ $\quad e_{v.c} := 0.2$ $\quad e_{v.f} := 5$ $\quad T_c := 60\,°C$ $\quad T_f := 15\,°C$ $\quad \rho := 1000 \cdot \frac{kg}{m^3}$

bilancio di EM sul percorso dell'acqua calda

$$\frac{v_1^2}{2} + g \cdot h_1 + \frac{P_1}{\rho} = \frac{v_2^2}{2} + g \cdot h_2 + \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_c^2}{2} \cdot \left(4\,f\left(\frac{v_c \cdot d \cdot \rho}{\mu}, \frac{k}{d}\right) \cdot \frac{L_{tot}}{d} + \Sigma e_{v.caldo} + e_{v.c}\right)$$

$$v_c := 1 \cdot \frac{m}{s} \quad \text{Given} \quad \frac{v_c^2}{2} \cdot \left(4\,f\left(\frac{v_c \cdot d \cdot \rho}{\mu}, k\_d\right) \cdot \frac{L_{tot}}{d} + \Sigma e_{v.caldo} + e_{v.c}\right) = \frac{p_1 - p_2}{\rho} \qquad v_c := \text{Minerr}(v_c) = 2.137\,\frac{m}{s}$$

$$V_{p.c} := \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot v_c = 1.049 \cdot \frac{liter}{s}$$

$$v_f := 1 \cdot \frac{m}{s} \quad \text{Given} \quad \frac{v_f^2}{2} \cdot \left(4\,f\left(\frac{v_f \cdot d \cdot \rho}{\mu}, k\_d\right) \cdot \frac{L_{tot}}{d} + \Sigma e_{v.freddo} + e_{v.f}\right) = \frac{p_1 - p_2}{\rho} \qquad v_f := \text{Minerr}(v_f) = 2.068\,\frac{m}{s}$$

$$V_{p.f} := \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot v_f = 1.015 \cdot \frac{liter}{s}$$

$$V_{p.f} \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_f - T_0) + V_{p.c} \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_c - T_0) = (V_{p.f} \cdot \rho \cdot C_p + V_{p.c} \cdot \rho \cdot C_p) \cdot (T_t - T_0)$$

$$T_t := \frac{V_{p.f} \cdot (T_f) + V_{p.c} \cdot (T_c)}{V_{p.f} + V_{p.c}} = 37.868 \cdot °C \qquad V_{p.f} + V_{p.c} = 2.064 \cdot \frac{liter}{s}$$

$p_1 := p_{1.mod}$

$$v_c := 1 \cdot \frac{m}{s} \quad \text{Given} \quad \frac{v_c^2}{2} \cdot \left(4\,f\left(\frac{v_c \cdot d \cdot \rho}{\mu}, k\_d\right) \cdot \frac{L_{tot}}{d} + \Sigma e_{v.caldo} + e_{v.c}\right) = \frac{p_1 - p_2}{\rho} \qquad v_c := \text{Minerr}(v_c) = 1.477\,\frac{m}{s}$$

$$V_{p.c} := \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot v_c = 0.725 \cdot \frac{liter}{s}$$

$$v_f := 1 \cdot \frac{m}{s} \quad \text{Given} \quad \frac{v_f^2}{2} \cdot \left(4\,f\left(\frac{v_f \cdot d \cdot \rho}{\mu}, k\_d\right) \cdot \frac{L_{tot}}{d} + \Sigma e_{v.freddo} + e_{v.f}\right) = \frac{p_1 - p_2}{\rho} \qquad v_f := \text{Minerr}(v_f) = 1.431\,\frac{m}{s}$$

$$V_{p.f} := \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot v_f = 0.702 \cdot \frac{liter}{s}$$

$$V_{p.f} \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_f - T_0) + V_{p.c} \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_c - T_0) = (V_{p.f} \cdot \rho \cdot C_p + V_{p.c} \cdot \rho \cdot C_p) \cdot (T_t - T_0)$$

$$T_t := \frac{V_{p.f} \cdot (T_f) + V_{p.c} \cdot (T_c)}{V_{p.f} + V_{p.c}} = 37.856 \cdot °C \qquad V_{p.f} + V_{p.c} = 1.427 \cdot \frac{liter}{s}$$