Cognome	Nome	Matricola	Firma

Problema 1. In un tubo liscio di diametro interno D_1 e lunghezza L, di conducibilità k e spessore s_t, scorre una miscela liquida, con portata $\dot{w}_r$ e le caratteristiche fisiche dell'acqua. Nella miscela avviene una reazione chimica, per effetto della quale si libera calore secondo una legge esponenziale $\dot{Q}_{gen} = \dot{Q}_{G0} exp\left(-\frac{z}{\lambda}\right)$. Il fluido reagente è mantenuto alla temperatura T_r facendo circolare nella intercapedine compresa tra il tubo ed un tubo esterno, coassiale al primo e di diametro interno D_3, un liquido bollente di calore latente di evaporazione ΔH_e e alla sua temperatura di ebollizione T_e. Il coefficiente di scambio nell'intercapedine sia h_e. Calcolare:

1. Il coefficiente globale di scambio tra la miscela reagente ed il fluido bollente, riferito al diametro D_1.
2. La lunghezza del tubo.
3. La portata di fluido bollente da alimentare nella intercapedine esterna, nell'ipotesi che il fluido sia inviato nell'intercapedine come liquido bollente e ne sia prelevato come vapore saturo secco.

Dati. $D_1 = 2.5$ cm, $k = 2$ W/mK, $s_t = 0.5$ cm, $\dot{w}_r = 1$ kg/s, $\dot{Q}_{G0} = 10^4$ W/m, $\lambda = 5$ cm, $T_r = 90$°C, $D_3 = 10$ cm, $\Delta H_e = 1.4$ kJ/kg, $T_e = 70$°C, $h_e = 1300$ W/m^{2}K.

Problema 2. Un materiale di nuova sintesi è in grado di assorbire ed eliminare un inquinante A da una corrente acquosa, però è solubile in acqua. Allora viene forgiato in forma di sferette di diametro D_1, e poi ricoperto di uno strato spesso s_p di polimero insolubile in acqua ma permeabile all'inquinante A. La diffusività dell'inquinante nel polimero sia D_{AB}. Le sferette composte dal materiale con capacità depurante ricoperto dal polimero hanno una densità apparente ρ_s e sono sospese in una corrente di acqua inquinata, che fluisce verso l'acqua con una velocità tale da mantenere le sferette in sospensione. La concentrazione di A nell'acqua è $C_{A\infty}^{liq}$, tra la concentrazione di A in fase liquida e la concentrazione di A nel polimero esiste la relazione di equilibrio $C_A^{pol} = K C_A^{liq}$, la diffusività di A in acqua è D_{AW}, l'efficienza del materiale depurante è tale che all'interfaccia tra il polimero e il materiale depurante la concentrazione di A si può ritenere nulla (sia nel materiale che nel polimero). Il sistema è isotermo alla temperatura T_0. Calcolare:

1. La velocità della corrente acquosa che deve mantenere in sospensione le sferette.
2. Il coefficiente di scambio di materia (del componente A) per convezione all'esterno delle sferette.
3. La portata del componente A dalla fase acquosa verso l'interno delle sferette.

Dati. $D_1 = 1$ cm, $s_p = 0.3$ cm, $D_{AB} = 10^{-6}$ m^2/s, $\rho_s = 1250$ kg/m^3, $C_{A\infty}^{liq} = 2$ kg/m^3, $K = 3$, $D_{AW} = 10^{-5}$ m^2/s, $T_0 = 25$°C.

Problema 1. In un tubo liscio di diametro interno D_1 e lunghezza L, di conducibilità k e spessore s_t, scorre una miscela liquida, con portata $\dot{w}_r$ e le caratteristiche fisiche dell'acqua. Nella miscela avviene una reazione chimica, per effetto della quale si libera calore secondo una legge esponenziale $\dot{Q}_{gen} = \dot{Q}_{G0} exp\left(-\frac{z}{\lambda}\right)$. Il fluido reagente è mantenuto alla temperatura T_r facendo circolare nella intercapedine compresa tra il tubo ed un tubo esterno, coassiale al primo e di diametro interno D_3, un liquido bollente di calore latente di evaporazione ΔH_e e alla sua temperatura di ebollizione T_e. Il coefficiente di scambio nell'intercapedine sia h_e. Calcolare:

1. Il coefficiente globale di scambio tra la miscela reagente ed il fluido bollente, riferito al diametro D_1.
2. La lunghezza del tubo.
3. La portata di fluido bollente da alimentare nella intercapedine esterna, nell'ipotesi che il fluido sia inviato nell'intercapedine come liquido bollente e ne sia prelevato come vapore saturo secco.

Dati D_1 = 2.5 cm, k = 2 W/mK, s_t = 0.5 cm, $\dot{w}_r$ = 1 kg/s, $\dot{Q}_{G0}$ = 10^4 W/m, λ = 5 cm, T_r = 90°C, D_3 = 10 cm, ΔH_e = 1.4 kJ/kg, T_e = 70°C, h_e = 1300 W/m²K.

$D_1 := 2.5\cdot cm \qquad k := 2\cdot\frac{W}{m\cdot K} \qquad s_t := 0.5\cdot cm \qquad w_r := 1\cdot\frac{kg}{s} \qquad Q_{G0} := 10^4\cdot\frac{W}{m} \qquad \lambda := 5\cdot cm \qquad T_r := 90\,°C$

$D_3 := 10\cdot cm \qquad \Delta H_e := 1.4\cdot\frac{kJ}{kg} \qquad T_e := 70\,°C \qquad h_e := 1300\cdot\frac{W}{m^2\cdot K}$

$R_1 := \frac{D_1}{2} = 1.25\cdot cm \qquad R_2 := \frac{D_1}{2} + s_t = 1.75\cdot cm \qquad R_3 := \frac{D_3}{2} = 5\cdot cm$

$N_{Re} := \frac{4\cdot w_r}{\pi\cdot D_1\cdot\mu_w(T_r)} = 1.638\times 10^5 \qquad v_1 := \frac{w_r}{\rho_w(T_r)}\cdot\frac{4}{\pi\cdot D_1{}^2} = 2.111\,\frac{m}{s} \qquad \frac{v_1\cdot D_1\cdot\rho_w(T_r)}{\mu_w(T_r)} = 1.638\times 10^5$

$N_{Nu} := 0.026\cdot N_{Re}{}^{0.8}\cdot N_{Pr.w}(T_r)^{0.33} = 479.894 \qquad h_1 := \frac{k_w(T_r)\cdot N_{Nu}}{D_1} = 1.297\times 10^4\cdot\frac{W}{m^2\cdot K}$

$U_1 := \frac{1}{R_1}\cdot\left(\frac{1}{R_1\cdot h_1} + \frac{1}{k}\cdot\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right) + \frac{1}{R_2\cdot h_e}\right)^{-1} = 366.367\cdot\frac{W}{m^2\cdot K} \qquad U_1 = 366.367\cdot\frac{W}{m^2\cdot K}$

Il calore liberato dalla reazione è:

$$Q = \int_0^L Q_{G0}\cdot\exp\left(-\frac{z}{\lambda}\right)dz = -Q_{G0}\cdot\lambda\cdot\left(e^{-\frac{L}{\lambda}} - 1\right) \qquad (A)$$

Questo calore è scambiato attraverso la superficie a diametro D.1

$$Q = U_1\cdot\pi\cdot D_1\cdot L\cdot(T_r - T_e) \qquad (B)$$

Uguagliando le due equazioni si ottiene una equazione nell'unica incognita L, che va risolta per tentativi

$L := 1\cdot m \qquad \text{Given} \qquad -Q_{G0}\cdot\lambda\cdot\left(e^{-\frac{L}{\lambda}} - 1\right) = U_1\cdot\pi\cdot D_1\cdot L\cdot(T_r - T_e) \qquad L := \text{Minerr}(L) = 0.869\,m$

$Q := U_1\cdot(\pi\cdot D_1\cdot L)\cdot(T_r - T_e) = 500\cdot W$

Bilancio di energia sul fluido bollente $\qquad Q = w_e\cdot\Delta H_e \qquad w_e := \frac{Q}{\Delta H_e} = 0.357\,\frac{kg}{s}$

Problema 2. Un materiale di nuova sintesi è in grado di assorbire ed eliminare un inquinante A da una corrente acquosa, però è solubile in acqua. Allora viene forgiato in forma di sferette di diametro D_1, e poi ricoperto di uno strato spesso s_p di polimero insolubile in acqua ma permeabile all'inquinante A. La diffusività dell'inquinante nel polimero sia D_{AB}. Le sferette composte dal materiale con capacità depurante ricoperto dal polimero hanno una densità apparente ρ_s e sono sospese in una corrente di acqua inquinata, che fluisce verso l'acqua con una velocità tale da mantenere le sferette in sospensione. La concentrazione di A nell'acqua è $C_{A\infty}^{liq}$, tra la concentrazione di A in fase liquida e la concentrazione di A nel polimero esiste la relazione di equilibrio $C_A^{pol} = KC_A^{liq}$, la diffusività di A in acqua è D_{AW}, l'efficienza del materiale depurante è tale che all'interfaccia tra il polimero e il materiale depurante la concentrazione di A si può ritenere nulla (sia nel materiale che nel polimero). Il sistema è isotermo alla temperatura T_0. Calcolare:

1. La velocità della corrente acquosa che deve mantenere in sospensione le sferette.
2. Il coefficiente di scambio di materia (del componente A) per convezione all'esterno delle sferette.
3. La portata del componente A dalla fase acquosa verso l'interno delle sferette.

Dati $D_1 = 1$ cm, $s_p = 0.3$ cm, $D_{AB} = 10^{-6}$ m²/s, $\rho_s = 1250$ kg/m³, $C_{A\infty}^{liq} = 2$ kg/m³, $K = 3$, $D_{AW} = 10^{-5}$ m²/s, $T_0 = 25$°C.

$D_1 := 1\cdot cm \qquad s_p := 0.3\cdot cm \qquad D_{AB} := 10^{-6}\cdot\frac{m^2}{s} \qquad \rho_s := 1250\cdot\frac{kg}{m^3} \qquad C_{A.liq.inf} := 2\cdot\frac{kg}{m^3} \qquad K := 3 \qquad D_{AW} := 10^{-5}\cdot\frac{m^2}{s}$

$T_0 := 25\,°C$

$$f(N_{Re}) := \mathrm{if}\left[N_{Re} < 0.1, \frac{24}{N_{Re}}, \mathrm{if}\left[N_{Re} < 6000, \left(\sqrt{\frac{24}{N_{Re}}} + 0.5407\right)^2, \mathrm{if}\left(N_{Re} < 10^5, 0.44, 0.2\right)\right]\right]$$

$C_{A.pol.i} := 0\cdot\frac{kg}{m^3}$

$D_2 := D_1 + 2\cdot s_p$

$$C := \frac{D_2}{\nu_w(T_0)}\cdot\sqrt{\frac{4}{3}\cdot D_2\cdot g\cdot\frac{\rho_s - \rho_w(T_0)}{\rho_w(T_0)}} = 4.034\times 10^3$$

$$f_1(N_{Re}) := C^2\cdot N_{Re}^{-2}$$

$x := -2, -1.99 .. 6$

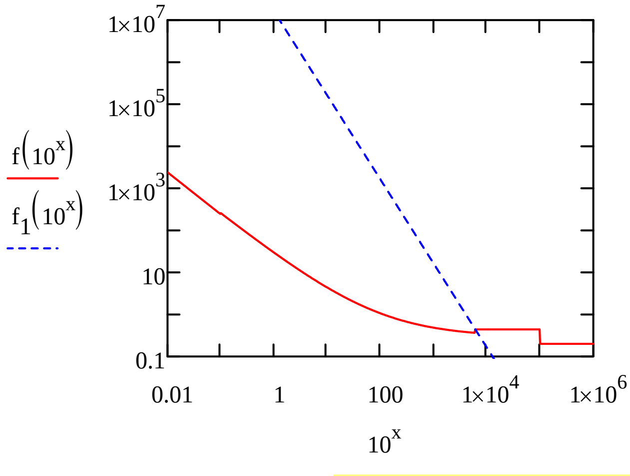
$N_{Re} := 100$

Given

$f_1(N_{Re}) = f(N_{Re})$

$N_{Re} := \mathrm{Minerr}(N_{Re}) = 6.088\times 10^3$

$f(N_{Re}) = 0.44$



$$v_{inf} := \frac{N_{Re}\cdot\mu_w(T_0)}{D_2\cdot\rho_w(T_0)} = 0.348\,\frac{m}{s}$$

$$N_{Sc} := \frac{\nu_w(T_0)}{D_{AW}} = 0.091$$

Correlazione 13.3-1 p. 417 vecchia edizione

$$N_{Sh} := 2 + 0.6\cdot N_{Re}^{0.5}\cdot N_{Sc}^{0.33} = 23.251 \qquad k_c := \frac{D_{AW}\cdot N_{Sh}}{D_2} = 0.015\,\frac{m}{s}$$

Il coefficiente di scambio globale deve tenere conto della diffusione nel polimero (da R1 a R2, in geometria sferica) e della convezione nell'acqua. Riferiamo il calcolo alla superficie a raggio R1 e consideriamo le concentrazioni in fase solida (riportando le concentrazioni in fase liquida a quelle in fase solida mediante la relazione di equilibrio).

$$R_1 := \frac{D_1}{2} = 0.5\cdot cm \qquad R_2 := \frac{D_2}{2} = 0.8\cdot cm \qquad N_{A.pol} = D_{AB}\cdot\frac{\Delta C_{A.pol}}{\Delta r} \qquad N_{A.liq} = k_c\cdot\Delta C_{A.liq} = k_c\cdot\frac{\Delta C_{A.pol}}{K}$$

$$K_t := \frac{1}{R_1^2}\cdot\left[\frac{1}{D_{AB}}\cdot\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right) + \frac{K}{R_2^2\cdot k_c}\right]^{-1} = 5.113\times 10^{-4}\,\frac{m}{s} \qquad W_A := 4\cdot\pi\cdot R_2^2\cdot K_t\cdot\left(\frac{C_{A.liq.inf}}{K} - C_{A.pol.i}\right)$$

$$W_A = 2.742\times 10^{-7}\,\frac{kg}{s}$$