

Principi di Ingegneria Chimica
Anno Accademico 2012-2013

Cognome	Nome	Matricola	Firma

Problema 1. Un tablet ha la forma approssimativa di un parallelepipedo di dimensioni $W \times L \times B$ (B essendo lo spessore), ed è appoggiato ad un tavolo, che si può considerare praticamente adiabatico. Sul tablet fluisce aria fresca, a temperatura T_A , messa in movimento da un ventilatore. La velocità dell'aria, parallela alla superficie del tablet e diretta lunghezza il lato L del tablet, sia v_0 . Il tablet, quando è in funzione, è sede di una generazione di calore volumetrica G , ed ha parametri fisici ρ , k e \hat{C}_p . Calcolare:

1. la temperatura superficiale del tablet, T_S ;
2. il coefficiente di scambio termico per convezione tra il tablet e l'aria, h ;

Inoltre, se all'istante 0 il tablet viene spento,

3. determinare se la cinetica di raffreddamento può essere analizzata a parametri concentrati o distribuiti e calcolare dopo quanto tempo la temperatura all'interfaccia tra il tablet e il tavolo si porta al valore T_f . (Per questo calcolo considerare i parametri costanti ed uguali ai valori iniziali)

Dati. $\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$, $k = 1.2 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, $\hat{C}_p = 3000 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$, $L = 0.15 \text{ m}$, $B = 5 \text{ mm}$, $T_A = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $v_0 = 11 \text{ m/s}$, $T_f = 22 \text{ }^\circ\text{C}$, $G = 10^5 \text{ W/m}^3$.

Problema 2. Un fluido newtoniano (ρ , μ) viene forzato da una differenza di pressione $\Delta\mathcal{P}$ attraverso una sottile fenditura, larga W , lunga L e spessa $2S$. Il fluido che esce dalla fenditura viene raccolto in un serbatoio cilindrico di diametro D e altezza H , inizialmente vuoto. Calcolare:

1. la portata di fluido che passa attraverso la fenditura;
2. il tempo necessario affinché il fluido cominci a tracimare dal serbatoio.

Se, una volta riempito il serbatoio, si pratica sul suo fondo un foro di diametro d , e gli si connette un tubo, orizzontale e liscio dello stesso diametro e di lunghezza L_t , per prelevare il fluido dal serbatoio.

3. calcolare l'altezza del battente di liquido che si stabilisce allo stato stazionario nel serbatoio stesso.

Dati. $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$, $\mu = 0.4 \text{ Pa}\cdot\text{s}$, $W = 0.2 \text{ m}$, $L = 1 \text{ m}$, $S = 0.05 \text{ m}$, $D = 2 \text{ m}$, $H = 2 \text{ m}$, $\Delta\mathcal{P} = -50 \text{ Pa}$, $d = 7 \text{ cm}$, $L_t = 5 \text{ m}$.

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

Prova scritta - 11 aprile 2014



Problema 1. Un tablet ha la forma approssimativa di un parallelepipedo di dimensioni $W \times L \times B$ (B essendo lo spessore), ed è appoggiato ad un tavolo, che si può considerare praticamente adiabatico. Sul tablet fluisce aria fresca, a temperatura T_A , messa in movimento da un ventilatore. La velocità dell'aria, parallela alla superficie del tablet e diretta lunghezza il lato L del tablet, sia v_0 . Il tablet, quando è in funzione, è sede di una generazione di calore volumetrica G , ed ha parametri fisici ρ , k e \hat{C}_p . Calcolare:

1. La temperatura superficiale del tablet, T_S ;
2. Il coefficiente di scambio termico per convezione tra il tablet e l'aria, h ;

Inoltre, se all'istante 0 il tablet viene spento,

3. Determinare se la cinetica di raffreddamento può essere analizzata a parametri concentrati o distribuiti e calcolare dopo quanto tempo la temperatura all'interfaccia tra il tablet e il tavolo si porta al valore T_f . (Per questo calcolo considerare i parametri costanti ed uguali ai valori iniziali)

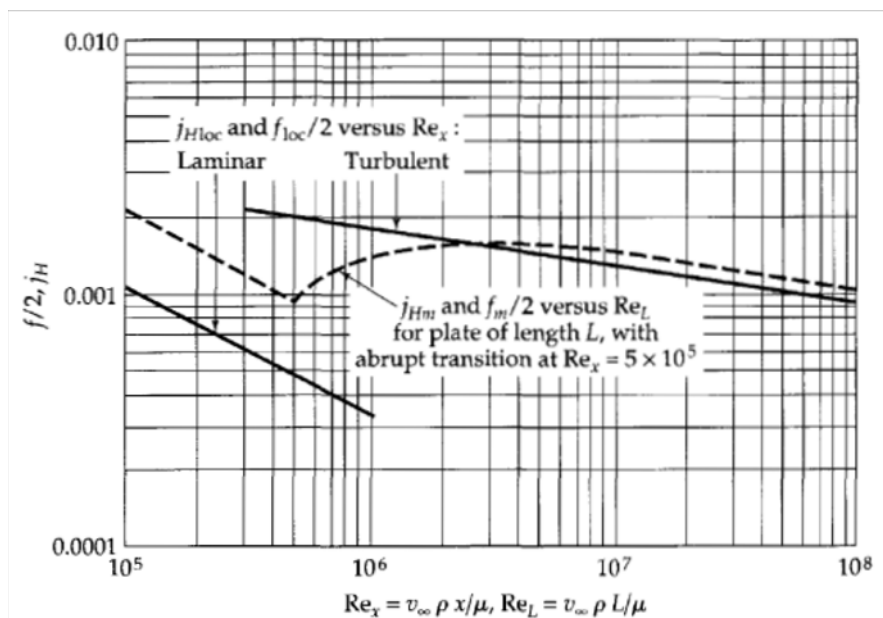
Dati. $\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$, $k = 1.2 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$, $\hat{C}_p = 3000 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$, $L = 0.15 \text{ m}$, $B = 5 \text{ mm}$, $T_A = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $v_0 = 11 \text{ m/s}$, $T_f = 22 \text{ }^\circ\text{C}$, $G = 10^5 \text{ W/m}^3$.

$$\rho := 2000 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad k := 1.2 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}\cdot\text{K}} \quad C_p := 3000 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}} \quad L := 0.15 \cdot \text{m} \quad T_f := 22 \text{ }^\circ\text{C} \quad T_A := 20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$B := 5 \cdot \text{mm} \quad v_0 := 11 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad G := 1 \cdot 10^5 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^3}$$

Questa correlazione equivale al grafico per j_{av}

$$j_H(N_{Re}, N_{Pr}) := 0.664 \cdot N_{Re}^{-0.5} + \text{if} \left[5 \cdot 10^5 < N_{Re} < 1 \cdot 10^8, \left[1 - \left(\frac{5 \cdot 10^5}{N_{Re}} \right)^{0.8} \right] \cdot 0.036 \cdot \left(\frac{1}{N_{Re}^{0.2}} \right) \cdot N_{Pr}^{0.1}, 0 \right]$$



$$N_{Re}(T) := \frac{v_0 \cdot L}{\nu_A \left(\frac{T + T_A}{2} \right)}$$

$$j(T) := j_H \left(N_{Re}(T), N_{Pr,A} \left(\frac{T + T_A}{2} \right) \right)$$

$$N_{Nu}(T) := j(T) \cdot N_{Re}(T) \cdot N_{Pr,A} \left(\frac{T + T_A}{2} \right)^{0.33}$$

$$h(T) := \frac{N_{Nu}(T)}{L} \cdot k_A \left(\frac{T + T_A}{2} \right)$$

Il tablet scambia solo dal lato superiore di area WL

$$T_S := 40 \text{ }^\circ\text{C} \quad \text{Given} \quad h(T_S) \cdot (T_S - T_A) = G \cdot B$$

$$N_{Re}(T_S) = 1.046 \times 10^5 \quad j(T_S) = 2.053 \times 10^{-3}$$

$$T_{mf} := \frac{T_S + T_A}{2} = 27.47 \text{ }^\circ\text{C} \quad \nu_A(T_f) = 1.577 \times 10^{-5} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$T_{S, \text{Minerr}} := \text{Minerr}(T_S) = 34.94 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$h(T_S) = 33.466 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}}$$

$$N_{Bi} := \frac{h(T_S) \cdot B}{k} = 0.139$$

parametri concentrati

$$h_0 := h(T_S)$$

$$\rho \cdot C_P \cdot W_0 \cdot L \cdot B \cdot \left(\frac{d}{dt} T(t) \right) = -h_0 \cdot W_0 \cdot L \cdot (T(t) - T_A) \quad T(0) = T_S$$

$$\frac{d}{dt} T(t) = \frac{-h_0}{(\rho \cdot C_P \cdot B)} \cdot (T(t) - T_A)$$

$$\ln \left(\frac{T - T_A}{T_S - T_A} \right) = \frac{-h_0}{(\rho \cdot C_P \cdot B)} \cdot t$$

$$t_f := - \left[\frac{(\rho \cdot C_P \cdot B)}{h_0} \right] \cdot \ln \left(\frac{T_f - T_A}{T_S - T_A} \right) = 10.356 \cdot \text{min}$$

Problema 2. Un fluido newtoniano (ρ , μ) viene forzato da una differenza di pressione ΔP attraverso una sottile fenditura, larga W , lunga L e spessa $2S$. Il fluido che esce della fenditura viene raccolto in un serbatoio cilindrico di diametro D e altezza H , inizialmente vuoto. Calcolare:

1. la portata di fluido che passa attraverso la fenditura;
2. il tempo necessario affinché il fluido cominci a trascinare dal serbatoio.

Se, una volta riempito il serbatoio, si pratica sul suo fondo un foro di diametro d , e gli si connette un tubo, orizzontale e liscio dello stesso diametro e di lunghezza L_t , per prelevare il fluido dal serbatoio.

3. calcolare l'altezza del battente di liquido che si stabilisce allo stato stazionario nel serbatoio stesso.

Dati $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$, $\mu = 0.4 \text{ Pa}\cdot\text{s}$, $W = 0.2 \text{ m}$, $L = 1 \text{ m}$, $S = 0.05 \text{ m}$, $D = 2 \text{ m}$, $H = 2 \text{ m}$, $\Delta P = -50 \text{ Pa}$, $d = 7 \text{ cm}$, $L_t = 5 \text{ m}$.

$$W_0 := 0.2 \cdot \text{m} \quad L := 1 \cdot \text{m} \quad S := 0.05 \cdot \text{m} \quad D := 2 \cdot \text{m} \quad H := 2 \cdot \text{m} \quad \rho := 800 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad \mu := 0.4 \cdot \text{Pa}\cdot\text{s} \quad \Delta P := -50 \cdot \text{Pa}$$

$$d := 7 \cdot \text{cm} \quad L_t := 5 \cdot \text{m}$$

Bilancio della componente x della quantità di moto nella fenditura (stato stazionario)

$$\frac{d}{dy} \tau_{xy} = \left(-\frac{\Delta P}{L} \right) \quad \tau_{xy} = \left(-\frac{\Delta P}{L} \right) \cdot y + C_1$$

Lo sforzo è nullo al centro ($y=0$), quindi $C_1 = 0$

$$\tau_{xy} = \left(-\frac{\Delta P}{L} \right) \cdot y$$

Introduciamo Newton e integriamo di nuovo

$$-\left(\mu \cdot \frac{d}{dy} v_x \right) = \left(-\frac{\Delta P}{L} \right) \cdot y$$

$$v_x = \left(-\frac{\Delta P}{L} \right) \cdot \left(\frac{-y^2}{2 \cdot \mu} \right) + C_2$$

La velocità è nulla alla parete ($y=S$)

$$0 = \left(-\frac{\Delta P}{L} \right) \cdot \left(\frac{-S^2}{2 \cdot \mu} \right) + C_2 \quad C_2 = \left(-\frac{\Delta P}{L} \right) \cdot \left(\frac{S^2}{2 \cdot \mu} \right)$$

$$v_x(y) = \left(-\frac{\Delta P}{L} \right) \cdot \left(\frac{S^2}{2 \cdot \mu} \right) \cdot \left[1 - \left(\frac{y}{S} \right)^2 \right]$$

Per calcolare la portata integriamo sulla sezione trasversale

essendo

$$V_P = \int_0^W \left(2 \cdot \int_0^S v_x(y) dy \right) dz = 2 \cdot W \cdot \left(-\frac{\Delta P}{L} \right) \cdot \left(\frac{S^2}{2 \cdot \mu} \right) \cdot \int_0^S \left[1 - \left(\frac{y}{S} \right)^2 \right] dy = 2 \cdot W \cdot \left(-\frac{\Delta P}{L} \right) \cdot \left(\frac{S^2}{2 \cdot \mu} \right) \cdot \frac{2}{3} \cdot S \int_0^1 \left[1 - \left(\frac{y}{\Sigma} \right)^2 \right] dy \rightarrow \frac{2 \cdot \Sigma}{3}$$

quindi
$$V_P := 2 \cdot W_0 \cdot \left(-\frac{\Delta P}{L} \right) \cdot \left(\frac{S^2}{2 \cdot \mu} \right) \cdot \frac{2}{3} \cdot S = 2.083 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Verifica di moto laminare

$$v_m := \frac{V_P}{2 \cdot W_0 \cdot S} = 0.104 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad R_h := \frac{2 \cdot W_0 \cdot S}{2 \cdot (W_0 + S)} = 0.04 \text{ m} \quad N_{Re} := \frac{v_m \cdot 4 \cdot R_h \cdot \rho}{\mu} = 33.333$$

Tempo di riempimento del serbatoio

$$t_R := \frac{\frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H}{V_P} = 50.265 \cdot \text{min} \quad t_R = 3.016 \times 10^3 \text{ s}$$

Pelo libero del serbatoio = sezione uno, subito prima dell'uscita del tubo = sezione due

$$\frac{v_1^2}{2} + g \cdot h_1 + \frac{P_1}{\rho} = \frac{v_t^2}{2} + g \cdot h_2 + \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_t^2}{2} \cdot \left(4 \cdot f \cdot \frac{L_t}{d} + \Sigma e_v \right) \quad \text{Bilancio di energia meccanica}$$

$$\Sigma e_v = 0.45 \quad (\text{imbocco})$$

$$g \cdot h_1 = \frac{v_t^2}{2} \cdot \left(1 + 0.45 + 4 \cdot f(N_{Re}, 0) \cdot \frac{L_t}{d} \right)$$

$$v_t := V_P \cdot \frac{4}{\pi \cdot d^2} = 0.541 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad N_{Re} := \frac{v_t \cdot d \cdot \rho}{\mu} = 75.788 \quad f(N_{Re}, 0) = 0.211$$

$$h_1 := \frac{v_t^2}{2 \cdot g} \cdot \left(1 + 0.45 + 4 \cdot f(N_{Re}, 0) \cdot \frac{L_t}{d} \right) = 0.923 \text{ m}$$