

Principi di Ingegneria Chimica
Anno Accademico 2010-2011

Cognome	Nome	Matricola	Firma

Problema 1. Una fenditura è costituita da due lastre quadrate di lato L , poste ad una distanza H l'una dall'altra. Nella fenditura c'è un liquido di viscosità η e densità ρ . Tra imbocco e sbocco della fenditura (sezioni 1 e 2) non c'è differenza di pressione. La fenditura superiore è in moto verso destra con velocità V_1 , mentre la fenditura inferiore è in moto verso sinistra con velocità V_2 . Determinare:

1. Il profilo degli sforzi e la posizione, se esiste, in cui lo sforzo è nullo,
2. Il profilo di velocità,
3. La posizione, se esiste, in cui la velocità è nulla,
4. Calcolare modulo e verso della forza agente sulla lastra inferiore.

Dati. $L = 1$ m, $H = 1$ cm, $\eta = 1$ cPoise, $\rho = 1$ g/cm³, $V_1 = 1$ m/s, $V_2 = 2$ m/s.

Problema 2. Una sferetta di combustibile di diametro D e densità ρ_S è sede di una reazione chimica esotermica, con una velocità di generazione del calore pari a G . La sferetta (che è assimilabile ad un corpo grigio di emissività ε) è investita da un flusso di aria dal basso verso l'alto ad una velocità pari alla velocità terminale di caduta in aria (e quindi è ferma, sospesa in aria). Sapendo che la sferetta è a temperatura T , l'aria e tutte le superfici affacciate sulla sferetta (che si possono ipotizzare nere) sono a temperatura T_a , calcolare:

1. La velocità terminale di caduta della sferetta, v_∞ ;
2. La temperatura della sferetta, T ;
3. I flussi di calore scambiati per convezione e per irraggiamento.

Dati. $D = 250$ μ m, $\rho_S = 2000$ kg/m³, $G = 5 \cdot 10^9$ W/m³, $\varepsilon = 0.7$, $T_a = 100^\circ\text{C}$.

Istruzioni: compilare con i propri dati la parte alta di questo foglio; per le risposte ai problemi utilizzare tutte e sole le facciate di questo foglio.

Compito scritto – 10 febbraio 2011



Problema 2. Una sferetta di combustibile di diametro D e densità ρ_S è sede di una reazione chimica esotermica, con una velocità di generazione del calore pari a G . La sferetta (che è assimilabile ad un corpo grigio di emissività ε) è investita da un flusso di aria dal basso verso l'alto ad una velocità pari alla velocità terminale di caduta in aria (e quindi è ferma, sospesa in aria). Sapendo che la sferetta è a temperatura T , l'aria e tutte le superfici affacciate sulla sferetta (che si possono ipotizzare nere) sono a temperatura T_a , calcolare:

1. La velocità terminale di caduta della sferetta, v_B ;
2. La temperatura della sferetta, T ;
3. I flussi di calore scambiati per convezione e per irraggiamento.

Dati. $D = 250 \mu\text{m}$, $\rho_S = 2000 \text{ kg/m}^3$, $G = 5 \text{ kJ/m}^3$, $\varepsilon = 0.7$, $T_a = 100^\circ\text{C}$.

$$D := 250 \cdot \mu\text{m} \quad \rho_S := 2000 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad G := 5 \cdot 10^9 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^3} \quad \varepsilon_S := 0.7 \quad T_a := 100^\circ\text{C} \quad T_0 := 100^\circ\text{C}$$

$$f_1(N_{\text{Re}}) := \text{if} \left[N_{\text{Re}} < 0.1, \frac{24}{N_{\text{Re}}}, \text{if} \left[N_{\text{Re}} < 6000, \left(\sqrt{\frac{24}{N_{\text{Re}}}} + 0.5407 \right)^2, \text{if} \left(N_{\text{Re}} < 10^5, 0.44, 0.2 \right) \right] \right]$$

$$\mu_{\text{aria}} := \mu_A(T_a) = 2.177 \times 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}} \quad \rho_{\text{aria}} := \rho_A(T_a) = 0.951 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$C := \frac{D \cdot \rho_{\text{aria}}}{\mu_{\text{aria}}} \cdot \sqrt{\frac{4}{3} \cdot D \cdot g \cdot \frac{\rho_S - \rho_{\text{aria}}}{\rho_{\text{aria}}}} = 28.619 \quad f_1(N_{\text{Re}}) := C^2 \cdot N_{\text{Re}}^{-2}$$

$$N_{\text{Re}} := 100 \quad \text{Given} \quad f_1(N_{\text{Re}}) = f(N_{\text{Re}}) \quad N_{\text{Re}} := \text{Minerr}(N_{\text{Re}}) = 16.324$$

$$N_{\text{Re}} = 16.324 \quad f(N_{\text{Re}}) = 3.074 \quad v_{\text{inf}} := \frac{N_{\text{Re}} \cdot \mu_{\text{aria}}}{D \cdot \rho_{\text{aria}}} \quad v_{\text{inf}} = 1.495 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$T_f := \frac{1}{2} \cdot (T_0 + T_a) \quad T_f = 100^\circ\text{C} \quad \nu_A(T_f) = 2.308 \times 10^{-5} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$N_{\text{Re}} := \frac{v_{\text{inf}} \cdot D}{\nu_A(T_f)} \quad N_{\text{Re}} = 16.2 \quad N_{\text{Pr}} := N_{\text{Pr},A}(T_f) \quad N_{\text{Pr}} = 0.704$$

$$\text{Correlazione 13.3-1 p. 417 vecchia edizione} \quad N_{\text{Nu}} := 2 + 0.6 \cdot N_{\text{Re}}^{0.5} \cdot N_{\text{Pr}}^{0.33} = 4.15 \quad h := \frac{N_{\text{Nu}} \cdot k_A(T_f)}{D} = 519.201 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

Given

$$G \cdot \frac{\pi \cdot D^3}{6} = \left[\frac{\left[2 + 0.6 \cdot \left[\frac{v_{\text{inf}} \cdot D}{\nu_A \left[\frac{1}{2} \cdot (T_0 + T_a) \right]} \right]^{0.5} \cdot N_{\text{Pr},A} \left[\frac{1}{2} \cdot (T_0 + T_a) \right]^{0.33} \right] \cdot k_A \left[\frac{1}{2} \cdot (T_0 + T_a) \right]}{D} \cdot (T_0 - T_a) + 1 \cdot \sigma \cdot \varepsilon_S \cdot (T_0^4 - T_a^4) \right] \cdot \pi \cdot D^2$$

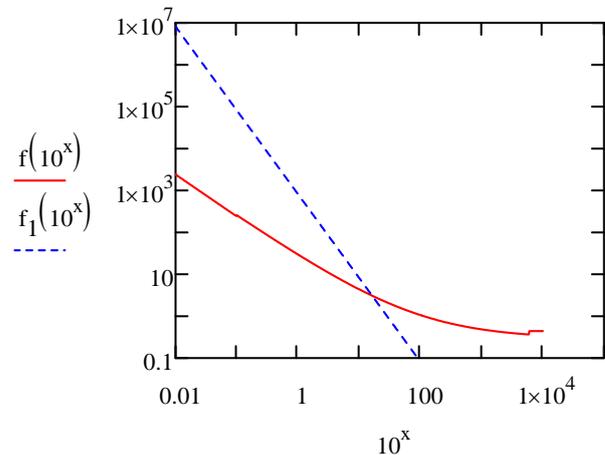
$$T_0 := \text{Minerr}(T_0) = 432.789 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\sigma \cdot \epsilon_S \cdot (T_0^4 - T_a^4) = 9.088 \times 10^3 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$$

$$T_0 = 705.939 \text{ K}$$

$$h := \frac{\left[2 + 0.6 \cdot \left[\frac{v_{\text{inf}} \cdot D}{\nu_A \left[\frac{1}{2} \cdot (T_0 + T_a) \right]} \right]^{0.5} \cdot \text{NPr} \cdot A \left[\frac{1}{2} \cdot (T_0 + T_a) \right]^{0.33} \right] \cdot k_A \left[\frac{1}{2} \cdot (T_0 + T_a) \right]}{D} = 598.714 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}} \quad x := -2, -1.99 \dots 4$$

$$h \cdot (T_0 - T_a) = 1.992 \times 10^5 \cdot \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \quad G \cdot \frac{\pi \cdot D^3}{6} = 0.041 \text{ W}$$



Problema 1. Una fenditura è costituita da due lastre quadrate di lato L , poste ad una distanza H l'una dall'altra. Nella fenditura c'è un liquido di viscosità η e densità ρ . Tra imbocco e sbocco della fenditura (sezioni 1 e 2) non c'è differenza di pressione. La fenditura superiore è in moto verso destra con velocità V_1 , mentre la fenditura inferiore è in moto verso sinistra con velocità V_2 . Determinare:

1. Il profilo degli sforzi e la posizione, se esiste, in cui lo sforzo è nullo,
2. Il profilo di velocità,
3. La posizione, se esiste, in cui la velocità è nulla,
4. Calcolare modulo e verso della forza agente sulla lastra inferiore.

Dati. $L = 1 \text{ m}$, $H = 1 \text{ cm}$, $\eta = 1 \text{ cPoise}$, $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$, $V_1 = 1 \text{ m/s}$, $V_2 = 2 \text{ m/s}$.

$$L := 1 \cdot \text{m} \quad H := 1 \cdot \text{cm} \quad \eta := 0.01 \cdot \text{poise} \quad \rho := 1 \cdot \frac{\text{gm}}{\text{cm}^3} \quad V_1 := 1 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad V_2 := -2 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\tau_0 := (V_2 - V_1) \cdot \frac{\eta}{H} = -0.3 \text{ Pa} \quad v_x(y) := V_2 - (V_2 - V_1) \cdot \frac{y}{H} \quad y^\circ := \frac{V_2 \cdot H}{V_2 - V_1} = 6.667 \cdot \text{mm}$$