Principi di Ingegneria Chimica
Anno Accademico 2014-2015

Cognome	Nome	Matricola	Firma

E-mail:

Problema 1. Per una autovettura di massa m_C, sezione frontale A e lunghezza caratteristica $\sqrt{A}$, il fattore di attrito è ben descritto dalla relazione $f = a \cdot N_{Re}^{b}$, con $N_{Re} = v\sqrt{A}/\nu_{air}$.

Percorrendo a motore spento: una discesa con pendenza α_1 (angolo tra il piano della strada e l'orizzontale), l'autovettura raggiunge la velocità v_1; una discesa con pendenza α_2, l'autovettura raggiunge la velocità v_2.

1. Calcolare il valore del fattore di attrito nei due casi;
2. Calcolare i coefficienti a e b dell'equazione;
3. Se la potenza erogata dall'autovettura mentre percorre in salita il tratto a pendenza α_1 è P, calcolare la velocità raggiunta dall'autovettura in questo caso.

Gli esperimenti sono condotti in aria alla temperatura T_A, l'attrito tra ruote e strada è sempre trascurabile.

Dati. $m_C = 1200$ kg, $A = 4$ m^2; $\alpha_1 = 0.1$ rad, $v_1 = 80$ km/h; $\alpha_2 = 0.2$ rad, $v_2 = 116$ km/h; $P = 130$ kW; $T_A = 20$°C.

Problema 2. Una sferetta di diametro D, densità ρ_S, calore specifico $\hat{C}_P$ e temperatura iniziale T_0 viene lasciata cadere da una quota H, in aria alla temperatura T_A. Nell'ipotesi che tutto il moto si svolga in regime di velocità terminale di caduta, trattando la sfera a parametri concentrati e considerando i parametri fisici dell'aria costanti e uguali a quelli iniziali, calcolare:

1. Il tempo necessario a raggiungere il suolo;
2. Il coefficiente di scambio termico h;
3. La temperatura della sfera quando raggiunge il suolo.

Dati. $D = 1$ cm; $\rho_S = 50$ kg/m^3; $\hat{C}_P = 0.5$ kJ/(kg·K); $T_0 = 65$°C; $H = 10$ m; $T_A = 20$°C.

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

Problema 1. Per una autovettura di massa m_C, sezione frontale A e lunghezza caratteristica $\sqrt{A}$, il fattore di attrito è ben descritto dalla relazione $f = a \cdot N_{Re}^b$, con $N_{Re} = v\sqrt{A}/\upsilon_{air}$.
Percorrendo a motore spento: una discesa con pendenza α_1 (angolo tra il piano della strada e l'orizzontale), l'autovettura raggiunge la velocità v_1; una discesa con pendenza α_2, l'autovettura raggiunge la velocità v_2.

1. Calcolare il valore del fattore di attrito nei due casi;
2. Calcolare i coefficienti a e b dell'equazione;
3. Se la potenza necessaria a vincere l'attrito con l'aria mentre l'autovettura percorre in salita il tratto a pendenza α_1 è P, calcolare la velocità raggiunta dall'autovettura in questo caso.

Gli esperimenti sono condotti in aria alla temperatura T_A, l'attrito tra ruote e strada è sempre trascurabile.

Dati. $m_C = 1200$ kg, $A = 4$ m²; $\alpha_1 = 0.1$ rad, $v_1 = 80$ km/h; $\alpha_2 = 0.2$ rad, $v_2 = 116$ km/h; $P = 130$ kW; $T_A = 20$°C.

$A := 4\cdot m^2$ $\quad T_A := 20\,°C$ $\quad \alpha_1 := 0.1\cdot rad = 5.73\cdot deg$ $\quad v_1 := 80\cdot\frac{km}{hr}$ $\quad v_2 := 116\cdot\frac{km}{hr}$

$\alpha_2 := 0.2\cdot rad = 11.459\cdot deg$

$m_C := 1200\cdot kg$

$P := 130\cdot kW$ $\quad \rho_A(T_A) = 1.209\,\frac{kg}{m^3}$ $\quad \nu_A(T_A) = 1.502\times 10^{-5}\,\frac{m^2}{s}$

$$f_1 := \frac{m_C\cdot g\cdot \sin(\alpha_1)}{\left(\frac{\rho_A(T_A)\cdot {v_1}^2}{2}\cdot A\right)} = 0.984 \qquad f_2 := \frac{m_C\cdot g\cdot \sin(\alpha_2)}{\left(\frac{\rho_A(T_A)\cdot {v_2}^2}{2}\cdot A\right)} = 0.931$$

$$N_{Re1} := \frac{v_1\cdot\sqrt{A}}{\nu_A(T_A)} = 2.958\times 10^6 \qquad N_{Re2} := \frac{v_2\cdot\sqrt{A}}{\nu_A(T_A)} = 4.289\times 10^6$$

$$\frac{f_1}{f_2} = \left(\frac{N_{Re1}}{N_{Re2}}\right)^b \qquad b := \left(\frac{\ln\left(\frac{f_1}{f_2}\right)}{\ln\left(\frac{N_{Re1}}{N_{Re2}}\right)}\right) = -0.148 \qquad a := \frac{f_1}{\left(\frac{v_1\cdot\sqrt{A}}{\nu_A(T_A)}\right)^b} = 8.923$$

$$v_3 := 100\cdot\frac{km}{hr}$$

Given

$$P = a\cdot\left(\frac{v_3\cdot\sqrt{A}}{\nu_A(T_A)}\right)^b\cdot\frac{\rho_A(T_A)\cdot {v_3}^3}{2}\cdot A + m_C\cdot g\cdot\sin(\alpha_2)\cdot v_3$$

$$v_3 := \text{Minerr}(v_3) = 107.301\cdot\frac{km}{hr} \qquad v_3 = 29.806\,\frac{m}{s}$$

Problema 2. Una sferetta di diametro D, densità ρ_S, calore specifico $\hat{C}_P$ e temperatura iniziale T_0 viene lasciata cadere da una quota H, in aria alla temperatura T_A. Nell'ipotesi che tutto il moto si svolga in regime di velocità terminale di caduta, trattando la sfera a parametri concentrati e considerando i parametri fisici dell'aria costanti e uguali a quelli iniziali, calcolare:

1. Il tempo necessario a raggiungere il suolo;
2. Il coefficiente di scambio termico h;
3. La temperatura della sfera quando raggiunge il suolo.

Dati. $D = 1$ cm; $\rho_S = 50$ kg/m³; $\hat{C}_P = 0.5$ kJ/(kg·K); $T_0 = 65$°C; $H = 10$ m; $T_A = 20$°C.

$D := 1\cdot cm \qquad \rho_s := 50\,\frac{kg}{m^3} \qquad T_0 := 65\,°C \qquad T_A := 20\,°C \qquad H := 10\cdot m \qquad C_P := 0.5\cdot\frac{kJ}{kg\cdot K}$

$T_{film} := \frac{T_A + T_0}{2} = 42.5\cdot °C \qquad \rho_{aria} := \rho_A(T_{film}) = 1.124\,\frac{kg}{m^3} \qquad \mu_{aria} := \mu_A(T_{film}) = 1.923\times 10^{-5}\,\frac{kg}{m\cdot s}$

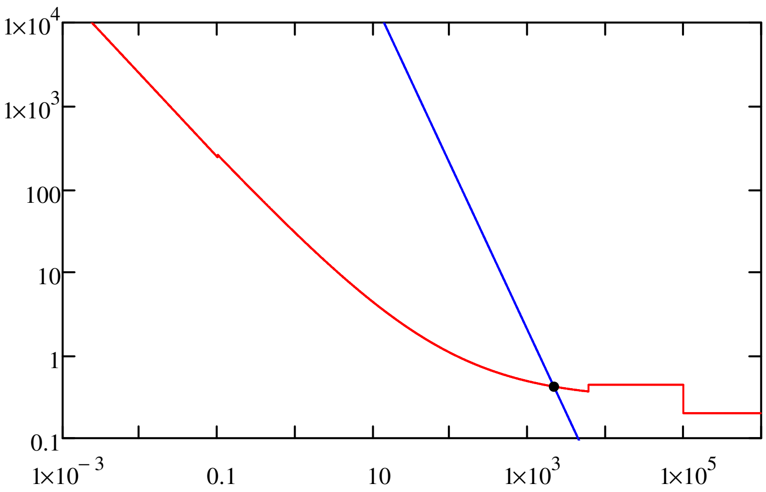
$k_A(T_{film}) = 0.027\cdot\frac{W}{m\cdot K} \qquad C := \frac{D\cdot\rho_{aria}}{\mu_{aria}}\cdot\sqrt{\frac{4}{3}\cdot D\cdot g\cdot\frac{\rho_s - \rho_{aria}}{\rho_{aria}}} = 1.394\times 10^3$

$f_1(N_{Re}) := C^2\cdot N_{Re}^{-2} \qquad f_1(100) = 194.392 \qquad f_1(1000) = 1.944$

$N_{Re} := 100 \qquad \text{Given} \qquad f_1(N_{Re}) = f_s(N_{Re}) \qquad N_{Re} := \text{Minerr}(N_{Re})$

$N_{Re} = 2.158\times 10^3 \qquad f_s(N_{Re}) = 0.418 \qquad v_{inf} := \frac{N_{Re}\cdot\mu_{aria}}{D\cdot\rho_{aria}} \qquad v_{inf} = 3.69\,\frac{m}{s} \qquad t_c := \frac{H}{v_{inf}} = 2.71\,s$

$lRe := -3, -2.999 .. 6$



$N_{Pr} := N_{Pr.A}(T_{film}) = 0.711$

$N_{Nu} := 2 + 0.6\cdot N_{Re}^{0.5}\cdot N_{Pr}^{0.33} = 26.906$

$h := \frac{N_{Nu}\cdot k_A(T_{film})}{D} = 73.173\cdot\frac{W}{m^2\cdot K}$

$\tau := \frac{\rho_s\cdot C_P\cdot\frac{\pi}{6}\cdot D^3}{h\cdot 4\pi\cdot\left(\frac{D}{2}\right)^2} = 0.569\,s$

$\frac{d}{dt}T(t) = -\frac{T - T_A}{\tau} \qquad T(0) = T_0 \qquad \ln\left(\frac{T - T_A}{T_0 - T_A}\right) = -\frac{t}{\tau} \qquad T := T_A + (T_0 - T_A)\cdot\exp\left(-\frac{t_c}{\tau}\right) = 20.386\cdot °C$

$T = 293.536\,K$