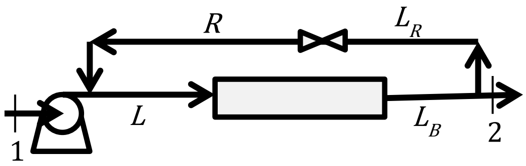
Cognome	Nome	Matricola	Firma

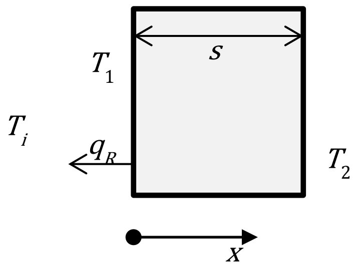
Problema 1. Un fluido di densità ρ e viscosità μ viene inviato con portata volumetrica $\dot{V}$ al reattore con ricircolo schematizzato in figura. Le pressioni e le quote delle sezioni 1 e 2 sono uguali tra loro, e la reazione non modifica la portata volumetrica del fluido (cioè la reazione evolve senza variazione del numero di moli delle specie coinvolte). Nella sezione di ricircolo fluisce una portata volumetrica determinata dal rapporto di ricircolo, $\dot{V}_R = R\dot{V}$. La sezione a monte del reattore è lunga L_A ed è costituita da tubi di diametro d_A. La sezione a valle del reattore è lunga L_B ed è costituita da tubi di diametro d_B. La sezione di ricircolo è lunga L_R, è costituita da tubi di diametro d_R e reca una valvola di coefficiente di perdita e_v, funzione del grado di apertura della valvola. Tutte le tubazioni hanno scabrezza relativa k/d, le perdite di carico concentrate diverse da quelle dovute alla valvola sono trascurabili. Il reattore non causa perdite di carico apprezzabili. La pompa ha una potenza $\dot{W}$ e un rendimento η. Calcolare:



1. Le portate volumetriche e le velocità del fluido nei diversi rami del circuito, in funzione del rapporto di ricircolo R.
2. Il valore del rapporto di ricircolo corrispondente ad un coefficiente di perdita e_{v1}.
3. Diagrammare (per punti) una funzione R contro e_v. (Osservare che a valvola chiusa, $e_v \to \infty$, non c'è ricircolo, $R = 0$; ipotizzare che la valvola completamente aperta dia una perdita di carico nulla, $e_v = 0$; limitare il calcolo a pochi punti).

Dati. $\rho = 1100$ kg/m³, $\mu = 0.003$ kg/(m·s), $\dot{V} = 2$ litri/s, $L_A = L_B = 10$ m, $L_R = 25$ m, $d_A = d_B = 2.5$ cm, $d_R = 4$ cm, $k/d = 0.001$, $\dot{W} = 15$ kW, $\eta = 80\%$, $e_{v1} = 100$.

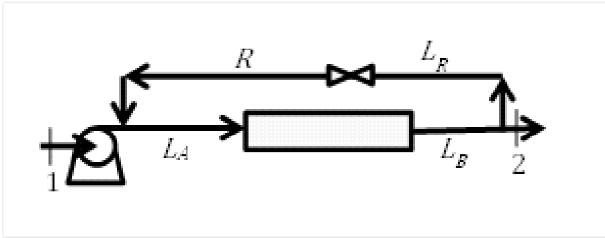
Problema 2. Una parete piana, di spessore s e conducibilità k, è sede di un fenomeno di generazione termica descritto dalla legge $G(x) = G_0 exp(-ax)$. La superficie a $x = s$ è mantenuta alla temperatura T_2, mentre dalla superficie a $x = 0$ viene sottratto di continuo un flusso termico q_R.



1. Determinare e disegnare (quantitativamente) il profilo del flusso termico;
2. Determinare e disegnare (quantitativamente) il profilo della temperatura nella parete;
3. Calcolare la temperatura della superficie a $x = 0$, T_1. Ipotizzando che la superficie a $x = 0$ scambi calore con l'ambiente a temperatura T_i per convezione con un coefficiente convettivo h, calcolare poi tale coefficiente di scambio.

Dati. $s = 10$ cm, $k = 0.5$ W/(m·K), $G_0 = 10$ kW/m³, $a = 0.15$ cm^{-1}, $T_2 = 20$°C, $q_R = 175$ W/m², $T_i = 5$°C.

Problema 1. Un fluido di densità ρ e viscosità μ viene inviato con portata volumetrica $\dot{V}$ al reattore con ricircolo schematizzato in figura. Le pressioni e le quote delle sezioni 1 e 2 sono uguali tra loro, e la reazione non modifica la portata volumetrica del fluido (cioè la reazione evolve senza variazione del numero di moli delle specie coinvolte). Nella sezione di ricircolo fluisce una portata volumetrica determinata dal rapporto di ricircolo, $\dot{V}_R = R\dot{V}$. La sezione a monte del reattore è lunga L_A ed è costituita da tubi di diametro d_A. La sezione a valle del reattore è lunga L_B ed è costituita da tubi di diametro d_B. La sezione di ricircolo è lunga L_R, è costituita da tubi di diametro d_R e reca una valvola di coefficiente di perdita e_v, funzione del grado di apertura della valvola. Tutte le tubazioni hanno scabrezza relativa k/d, le perdite di carico concentrate diverse da quelle dovute alla valvola sono trascurabili. Il reattore non causa perdite di carico apprezzabili. La pompa ha una potenza $\dot{W}$ e un rendimento η. Calcolare:



i;
i;
i.

1. Le portate volumetriche e le velocità del fluido nei diversi rami del circuito, in funzione del rapporto di ricircolo R.
2. Il valore del rapporto di ricircolo corrispondente ad un coefficiente di perdita e_{v1}.
3. Diagrammare (per punti) una funzione R contro e_v. (Osservare che a valvola chiusa, $e_v \to \infty$, non c'è ricircolo, $R = 0$; ipotizzare che la valvola completamente aperta dia una perdita di carico nulla, $e_v = 0$; limitare il calcolo a pochi punti).

Dati. $\rho = 1100$ kg/m³, $\mu = 0.003$ kg/(m·s), $\dot{V} = 2$ litri/s, $L_A = L_B = 10$ m, $L_R = 25$ m, $d_A = d_B = 2.5$ cm, $d_R = 4$ cm, $k/d = 0.001$, $\dot{W} = 15$ kW, $\eta = 80\%$, $e_{v1} = 100$.

$\rho := 1100\cdot\frac{kg}{m^3}$ $\quad \mu := 0.003\cdot\frac{kg}{m\cdot s}$ $\quad V_p := 2\cdot\frac{liter}{s}$ $\quad L_A := 10\cdot m$ $\quad L_B := L_A$ $\quad L_R := 25\cdot m$ $\quad k\_d := 0.001$

$W_p := 15\cdot kW$ $\quad \eta := 80\%$ $\quad d_A := 2.5\cdot cm$ $\quad d_B := d_A$ $\quad d_R := 4\cdot cm$ $\quad e_{v1} := 100$

Domanda 1

$$v_A(R) := (1+R)\cdot V_p\cdot\frac{4}{\pi\cdot d_A^2} \qquad v_B(R) := v_A(R) \qquad v_R(R) := R\cdot V_p\cdot\frac{4}{\pi\cdot d_R^2}$$

Domanda 2 Bilancio di EM tra 1 e 2

$$\frac{v_1^2}{2} + g\cdot h_1 + \frac{P_1}{\rho} = \frac{v_2^2}{2} + g\cdot h_2 + \frac{P_2}{\rho} + \frac{-W_p\cdot\eta}{\rho\cdot V_p} + \frac{v_A(R)^2}{2}\cdot 4\cdot f\left(\frac{v_A(R)\cdot d_A\cdot\rho}{\mu}, k\_d\right)\cdot\frac{L_A}{d_A} \dots$$
$$+ \frac{v_B(R)^2}{2}\cdot 4\cdot f\left(\frac{v_B(R)\cdot d_B\cdot\rho}{\mu}, k\_d\right)\cdot\frac{L_B}{d_B} + \frac{v_R(R)^2}{2}\cdot\left(4\cdot f\left(\frac{v_R(R)\cdot d_R\cdot\rho}{\mu}, k\_d\right)\cdot\frac{L_R}{d_R} + e_{v1}\right) \quad (1)$$

Dopo le semplificazioni possibili, risolvere l'eq. (1) corrisponde a trovare il valore R che annulla la funzione g(R, ev):

$$g(R, e_v) := \frac{-W_p\cdot\eta}{\rho\cdot V_p} + \frac{v_A(R)^2}{2}\cdot 4\cdot f\left(\frac{v_A(R)\cdot d_A\cdot\rho}{\mu}, k\_d\right)\cdot\frac{L_A}{d_A} \dots$$
$$+ \frac{v_B(R)^2}{2}\cdot 4\cdot f\left(\frac{v_B(R)\cdot d_B\cdot\rho}{\mu}, k\_d\right)\cdot\frac{L_B}{d_B} + \frac{v_R(R)^2}{2}\cdot\left(4\cdot f\left(\frac{v_R(R)\cdot d_R\cdot\rho}{\mu}, k\_d\right)\cdot\frac{L_R}{d_R} + e_v\right)$$

valore di tentativo $\quad R := 1$

soluzione $\quad R := \mathrm{root}(g(R, e_{v1}), R) = 3.866$

$$\frac{W_p \cdot \eta}{\rho \cdot V_p} = 5.455 \times 10^{3} \frac{m^2}{s^2} \qquad \frac{v_A(R)^2}{2} \cdot 4 \cdot f\left(\frac{v_A(R) \cdot d_A \cdot \rho}{\mu}, k\_d\right) \cdot \frac{L_A}{d_A} = 1.65 \times 10^{3} \frac{m^2}{s^2}$$

$$v_A(R) = 19.824 \frac{m}{s} \qquad \frac{v_A(R) \cdot d_A \cdot \rho}{\mu} = 1.817 \times 10^{5} \qquad f\left(\frac{v_A(R) \cdot d_A \cdot \rho}{\mu}, k\_d\right) = 5.248 \times 10^{-3}$$

$$\frac{v_R(R)^2}{2} \cdot 4 \cdot f\left(\frac{v_R(R) \cdot d_R \cdot \rho}{\mu}, k\_d\right) \cdot \frac{L_R}{d_R} = 261.977 \frac{m^2}{s^2}$$

$$v_R(R) = 6.152 \frac{m}{s} \qquad \frac{v_R(R) \cdot d_R \cdot \rho}{\mu} = 9.023 \times 10^{4} \qquad f\left(\frac{v_R(R) \cdot d_R \cdot \rho}{\mu}, k\_d\right) = 5.537 \times 10^{-3}$$

Domanda 3

$$R(e_v) := \left| \begin{array}{l} R \leftarrow 1 \\ \mathrm{root}(g(R, e_v), R) \end{array} \right. \qquad e_v := 0, 50 .. 2000$$

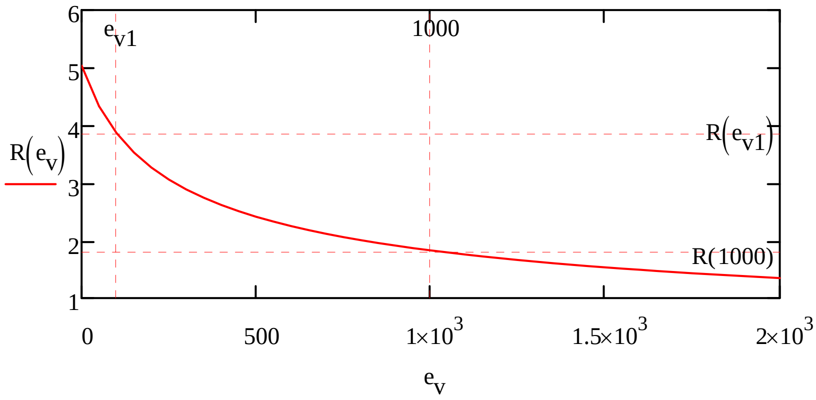
$R(0) = 5.036$

$R(50) = 4.331$

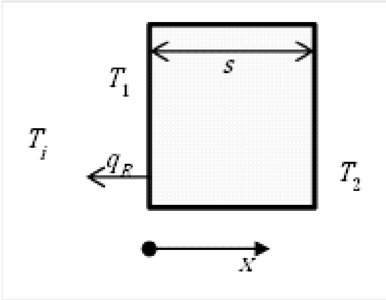
$R(e_{v1}) = 3.866$

$R(500) = 2.412$

$R(1000) = 1.828$



Problema 2. Una parete piana, di spessore s e conducibilità k, è sede di un fenomeno di generazione termica descritto dalla legge $G(x) = G_0 exp(-ax)$. La superficie a $x = s$ è mantenuta alla temperatura T_2, mentre dalla superficie a $x = 0$ viene sottratto di continuo un flusso termico q_R.



nti;
nti;
nti.

1. Determinare e disegnare (quantitativamente) il profilo del flusso termico;
2. Determinare e disegnare (quantitativamente) il profilo della temperatura nella parete;
3. Calcolare la temperatura della superficie a $x = 0$, T_1. Ipotizzando che la superficie a $x = 0$ scambi calore con l'ambiente a temperatura T_i per convezione con un coefficiente convettivo h, calcolare poi tale coefficiente di scambio.

Dati. $s = 10$ cm, $k = 0.5$ W/(m·K), $G_0 = 10$ kW/m³, $a = 0.15$ cm⁻¹, $T_2 = 20$°C, $q_R = 175$ W/m², $T_i = 5$°C.

$s_p := 10 \cdot cm \quad k := 0.5 \cdot \frac{W}{m \cdot K} \quad G_0 := 10 \cdot \frac{kW}{m^3} \quad a := \frac{0.15}{cm} \quad T_2 := 20\,°C \quad q_R := -175 \cdot \frac{W}{m^2} \quad x := 0 \cdot mm, 0.1 \cdot mm .. s_p$

$T_i := 5\,°C$

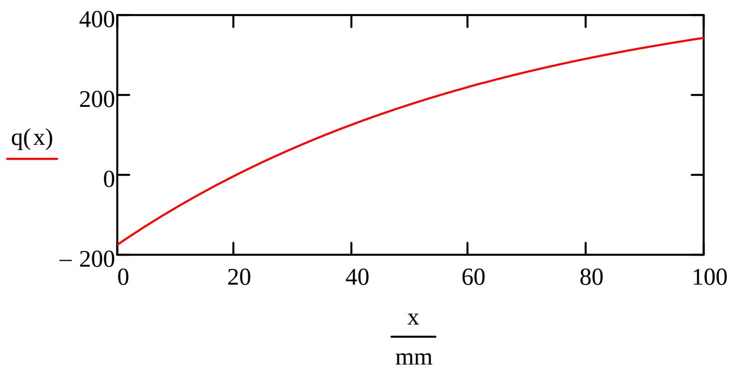
Domanda 1

Bilancio differenziale di energia $\quad \frac{d}{dx} q + G_0 \cdot exp(-a \cdot x) = 0$

$$q(x) = \int G_0 \cdot exp(-a \cdot x)\, dx + C_1 = -\frac{G_0}{a} \cdot exp(-a \cdot x) + C_1$$

Condizione al contorno sul flusso $\quad q(x = 0) = q_R = -\frac{G_0}{a} + C_1 \qquad C_1 = q_R + \frac{G_0}{a}$

$$q(x) := q_R + \frac{G_0}{a} \cdot (1 - exp(-a \cdot x))$$



Domanda 2

Uso dell'equazione di Fourier

$$-k\cdot\frac{d}{dx}T = q = q_R + \frac{G_0}{a}\cdot(1 - \exp(-a\cdot x))$$

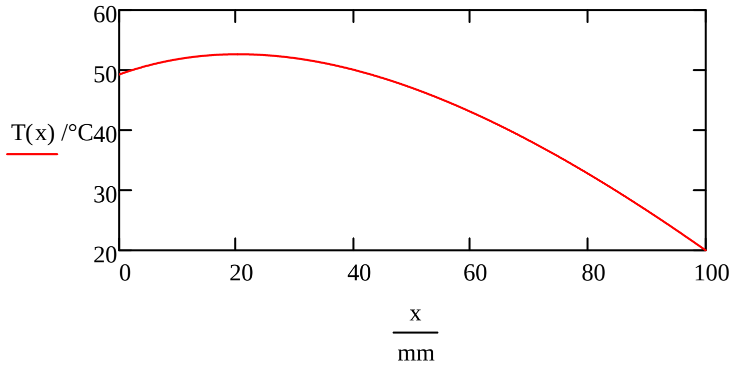
$$T = -\frac{q_R}{k}\cdot x - \frac{G_0}{k\cdot a}\cdot\int (1 - \exp(-a\cdot x))\,dx + C_2 = -\frac{q_R}{k}\cdot x - \frac{G_0}{k\cdot a}\cdot\left(x + \frac{\exp(-a\cdot x)}{a}\right) + C_2$$

Condizione al contorno sulla temperatura

$$T(x = s_p) = T_2 = -\frac{q_R}{k}\cdot s_p - \frac{G_0}{k\cdot a}\cdot\left(s_p + \frac{\exp(-a\cdot s_p)}{a}\right) + C_2$$

$$C_2 = T_2 + \frac{q_R}{k}\cdot s_p + \frac{G_0}{k\cdot a}\cdot\left(s_p + \frac{\exp(-a\cdot s_p)}{a}\right)$$

$$T(x) := T_2 + \frac{q_R}{k}\cdot(s_p - x) + \frac{G_0}{k\cdot a}\cdot\left[(s_p - x) + \frac{\exp(-a\cdot s_p) - \exp(-a\cdot x)}{a}\right]$$



Domanda 3

$$T_1 = T(x = 0) = T_2 + \frac{q_R}{k}\cdot s_p + \frac{G_0}{k\cdot a}\cdot\left(s_p + \frac{\exp(-a\cdot s_p) - 1}{a}\right)$$

$$T_1 := T_2 + \frac{q_R}{k}\cdot s_p + \frac{G_0}{k\cdot a}\cdot\left(s_p + \frac{\exp(-a\cdot s_p) - 1}{a}\right) = 49.278\cdot°C$$

$$q_R = -h\cdot(T_1 - T_i)$$

$$h := \frac{-q_R}{T_1 - T_i} = 3.952\cdot\frac{W}{m^2\cdot K}$$