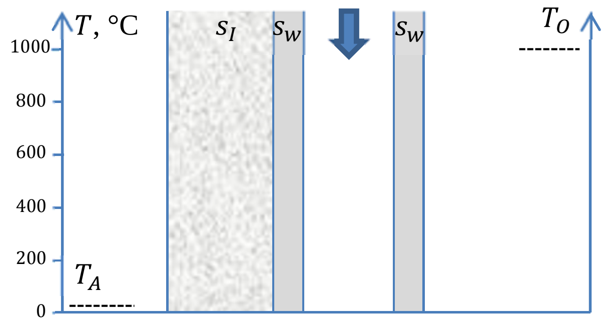
Cognome	Nome	Matricola	Firma

Problema 1. Attraverso una sottile fenditura passa un fluido bollente, a temperatura T_f e con portata $\dot{w}$. La fenditura ha pareti metalliche, di spessore s_W, conducibilità k_W e area A. La fenditura separa due ambienti, uno "caldo" cioè l'interno di un forno, a temperatura T_O e con un coefficiente di scambio convettivo h_O, e uno "freddo" perché destinato alle attività umane, a temperatura T_A e con un coefficiente di scambio convettivo h_A. Dal lato "freddo" la parete calda è ricoperta da uno strato di isolante, di spessore s_I e conducibilità k_I. Sapendo che il calore latente di evaporazione del fluido è ΔH, e che il fluido entra nella fenditura come liquido saturo e ne esce come vapore saturo, calcolare:



1. La temperatura del fluido bollente, T_f.
2. Le temperature delle pareti nei due ambienti "caldo" e "freddo".
3. Disegnare il profilo delle temperature del sistema.

Dati. $\dot{w} = 12$ kg/min, $s_W = 2$ cm, $k_W = 20$ W/(m·K), $A = 4$ m², $T_O = 1000$°C, $h_O = 100$ W/(m²·K), $T_A = 20$°C, $h_A = 20$ W/(m²·K), $s_I = 10$ cm, $k_I = 0.1$ W/(m·K), $\Delta H = 1000$ kJ/kg.

Problema 2. La falda di un tetto è larga W ed inclinata rispetto alla verticale di un angolo β. In una giornata di pioggia su di essa si forma uno strato d'acqua di spessore δ. Il sistema è isotermo alla temperatura T. Ipotizzando che il tetto abbia una superficie liscia, calcolare:

1. La portata di pioggia che cade dal tetto e viene raccolta nella grondaia, verificando anche il regime di moto del fluido.

Attraverso una grondaia e una pluviale, la pioggia viene raccolta in un contenitore cilindrico di altezza H e diametro D, inizialmente vuoto, che ha un foro sul fondo di diametro d. Calcolare:

2. Dopo quanto tempo la pioggia tracima dal bordo superiore del contenitore.

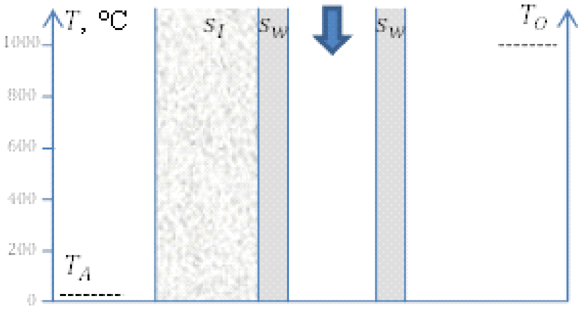
Se, a contenitore pieno, smette di piovere, calcolare:

3. Dopo quanto tempo il contenitore si svuota.

Dati. $W = 5$ m, $\beta = 30°$, $\delta = 0.5$ mm, $T = 15$°C, $H = 1.1$ m, $D = 0.4$ m, $d = 2$ cm.

Problema 1. Attraverso una sottile fenditura passa un fluido bollente, a temperatura T_f e con portata $\dot{w}$. La fenditura ha pareti metalliche, di spessore s_w, conducibilità k_w e area A. La fenditura separa due ambienti, uno "caldo" cioè l'interno di un forno, a temperatura T_O e con un coefficiente di scambio convettivo h_O, e uno "freddo" perché destinato alle attività umane, a temperatura T_A e con un coefficiente di scambio convettivo h_A. Dal lato "freddo" la parete calda è ricoperta da uno strato di isolante, di spessore s_I e conducibilità k_I. Sapendo che il calore latente di evaporazione del fluido è ΔH, e che il fluido entra nella fenditura come liquido saturo e ne esce come vapore saturo, calcolare:

1. La temperatura del fluido bollente, T_f.
2. Le temperature delle pareti nei due ambienti "caldo" e "freddo".
3. Disegnare il profilo delle temperature del sistema.



Dati $\dot{w} = 12$ kg/min, $s_w = 2$ cm, $k_w = 20$ W/(m·K), $A = 4$ m², $T_O = 1000$°C, $h_O = 100$ W/(m²·K), $T_A = 20$°C, $h_A = 20$ W/(m²·K), $s_I = 10$ cm, $k_I = 0.1$ W/(m·K), $\Delta H = 1000$ kJ/kg.

$wp := 12 \cdot \frac{kg}{min}$ $\quad \Delta H := 1000 \cdot \frac{kJ}{kg}$ $\quad k_W := 20 \cdot \frac{W}{m \cdot K}$ $\quad s_W := 2 \cdot cm$ $\quad k_I := 0.1 \cdot \frac{W}{m \cdot K}$ $\quad s_I := 10 \cdot cm$

$A := 4 \cdot m^2$ $\quad T_A := 20\,°C$ $\quad T_O := 1000\,°C$ $\quad h_O := 100 \cdot \frac{W}{m^2 \cdot K}$ $\quad h_A := 20 \cdot \frac{W}{m^2 K}$

$$U_O := \frac{1}{\frac{1}{h_O} + \frac{s_W}{k_W}} = 90.909 \cdot \frac{W}{m^2 K} \qquad U_A := \frac{1}{\frac{1}{h_A} + \frac{s_W}{k_W} + \frac{s_I}{k_I}} = 0.951 \cdot \frac{W}{m^2 K}$$

$$wp \cdot \Delta H = A \cdot U_O \cdot (T_O - T_f) - A \cdot U_A \cdot (T_f - T_A) \qquad T_f := \frac{A \cdot T_A \cdot U_A - wp \cdot \Delta H + A \cdot T_O \cdot U_O}{A \cdot U_A + A \cdot U_O} = 445.546 \cdot °C$$

$$q_H := U_O \cdot (T_O - T_f) = 5.04 \times 10^4 \cdot \frac{W}{m^2} \qquad q_C := U_A \cdot (T_f - T_A) = 404.896 \cdot \frac{W}{m^2}$$

$$q_H = h_O \cdot (T_O - T_{WO}) \qquad q_C = h_A \cdot (T_{WA} - T_A)$$

$$T_{WO} := T_O - \frac{q_H}{h_O} = 495.951 \cdot °C \qquad T_{WA} := T_A + \frac{q_C}{h_A} = 40.245 \cdot °C$$

$$T_{WA2} := T_{WA} + \frac{q_C \cdot s_I}{k_I} = 445.141 \cdot °C$$

Problema 2. La falda di un tetto è larga W ed inclinata rispetto alla verticale di un angolo β. In una giornata di pioggia su di essa si forma uno strato d'acqua di spessore δ. Il sistema è isotermo alla temperatura T. Ipotizzando che il tetto abbia una superficie liscia, calcolare:

1. La portata di pioggia che cade dal tetto e viene raccolta nella grondaia, verificando anche il regime di moto del fluido.

Attraverso una grondaia e una pluviale, la pioggia viene raccolta in un contenitore cilindrico di altezza H e diametro D, inizialmente vuoto, che ha un foro sul fondo di diametro d. Calcolare:

2. Dopo quanto tempo la pioggia tracima dal bordo superiore del contenitore.

Se, a contenitore pieno, smette di piovere, calcolare:

3. Dopo quanto tempo il contenitore si svuota.

Dati. $W = 5$ m, $\beta = 30°$, $\delta = 0.5$ mm, $T = 15$°C, $H = 1.2$ m, $D = 0.4$ m, $d = 2$ cm.

$W := 5\cdot m \quad \beta := 30° \quad \delta := 0.5\cdot mm \quad T := 15\,°C \quad H := 1.1\cdot m \quad D := 0.4\cdot m \quad d := 2\cdot cm$

$$\rho_w(T) = 998.778\,\frac{kg}{m^3} \qquad \mu_w(T) = 1.202\times 10^{-3}\,\frac{kg}{m\cdot s} \qquad v_z := \frac{\rho_w(T)\cdot g\cdot \delta^2\cdot\cos(\beta)}{3\cdot\mu_w(T)} = 0.588\,\frac{m}{s}$$

$$N_{Re} := 4\cdot\delta\cdot v_z\cdot\frac{\rho_w(T)}{\mu_w(T)} = 976.607$$

regime di moto: laminare con increspature

$$Vp := W\cdot\delta\cdot v_z = 88.18\cdot\frac{liter}{min}$$

Riempimento: Bilancio di materia in transitorio sul contenitore

$$\rho\cdot\frac{\pi\cdot D^2}{4}\cdot\left(\frac{d}{dt}H(t)\right) = \rho\cdot Vp - \rho\cdot\frac{\pi\cdot d^2}{4}\cdot v \qquad v = \sqrt{2\cdot g}\cdot H(t)^{0.5} \qquad H(0) = 0$$

$$\frac{d}{dt}H(t) = \frac{4\cdot Vp}{\pi\cdot D^2} - \left(\frac{d}{D}\right)^2\cdot\sqrt{2\cdot g}\cdot H(t)^{0.5} = A - B\cdot H(t)^{0.5} \qquad A := \frac{4\cdot Vp}{\pi\cdot D^2} = 0.012\,\frac{m}{s} \qquad B := \left(\frac{d}{D}\right)^2\cdot\sqrt{2\cdot g} = 0.011\,\frac{m^{0.5}}{s}$$

essendo

$$\int \frac{1}{A - B\cdot\sqrt{H}}\,dH = -\frac{2\cdot\sqrt{H}}{B} - \frac{2\cdot A\cdot\ln\left(A - B\cdot\sqrt{H}\right)}{B^2}$$

si ha

$$\int_0^H \frac{1}{A - B\cdot\sqrt{\eta}}\,d\eta = -\frac{2\cdot\sqrt{H}}{B} - \frac{2\cdot A}{B^2}\cdot\ln\left(\frac{A - B\cdot\sqrt{H}}{A}\right)$$

$$t_{Riemp} := -\frac{2\cdot\sqrt{H}}{B} - \frac{2\cdot A}{B^2}\cdot\ln\left(\frac{A - B\cdot\sqrt{H}}{A}\right) = 754.386\,s$$

$$t_{Riemp} = 12.573\cdot min$$

Svuotamento: bilancio di materia in transitorio sul contenitore

$$\frac{d}{dt}H(t) = -\left(\frac{d}{D}\right)^2\cdot\sqrt{2\cdot g}\cdot H(t)^{0.5} = -B\cdot H(t)^{0.5} \qquad H(0) = H_0$$

$$\int_{H_0}^{H} \eta^{-0.5}\,d\eta = \frac{H^{0.5} - H_0^{\,0.5}}{0.5} = -B\cdot t$$

$$t_{Svuot} := \frac{2H^{0.5}}{B} = 189.457\,s$$

$$t_{Svuot} = 3.158\cdot min$$