

Prova scritta di Fisica Tecnica I – 09/04/2008

Esercizio 1

In un flusso di aria umida si è misurata una temperatura di bulbo secco pari a $t_{bs}=22\text{ }^{\circ}\text{C}$ e una temperatura di bulbo umido uguale a $t_{bu}=17\text{ }^{\circ}\text{C}$. Calcolare:

1. L'umidità specifica
2. L'umidità relativa
3. La temperatura di rugiada
4. La quantità di calore necessaria per riscaldare 1 kg di aria fino alla temperatura di $90\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Nota: per calcolare la pressione di saturazione utilizzare la formula $p_s = 611,85 e^{\frac{17,502t}{240,9+t}}$, con t espressa in Celsius e p_s in Pascal. $p_{atm} = 1,013 \cdot 10^5$ Pascal.

Esercizio 2.

All'interno di una tubazione da 1'' in acciaio, rivestita da una coppella di lana di roccia, scorre una portata volumetrica di acqua pari a $\dot{V} = 2,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ alla temperatura media di $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. I diametri della tubazione sono uguali a: $D_i = 27,9\text{ mm}$ $D_e = 33,7\text{ mm}$. Il coefficiente conduttivo dell'acciaio vale $k = 45 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$. Lo spessore della lana di roccia è uguale a 25 mm e il suo coefficiente conduttivo vale $k = 0,040 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$.

Considerando che la temperatura dell'aria esterna è uguale $t_{\infty,e} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e che il coefficiente convettivo esterno si può considerare uguale a $h_e = 7 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$, calcolare:

1. la dispersione termica per metro di lunghezza
2. la temperatura interna ed esterna dello strato di isolante.

Note: per il calcolo del coefficiente convettivo interno utilizzare la correlazione

$Nu_D = 0,023 Re_D^{0,8} Pr^{0,3}$. Le proprietà termofisiche del liquido valgono: $\rho = 972 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ $c_p = 4,198$

$\frac{\text{kJ}}{\text{kg K}}$ $k = 0,670 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$ $\mu = 3,51 \cdot 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{m s}}$ $\nu = 3,61 \cdot 10^{-7} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ $Pr = 2,20$

Teoria

1. Ricavare in forma integrale l'equazione di conservazione della massa
2. Ricavare l'espressione del lavoro tecnico necessario per la compressione isoentropica di un gas ideale.
3. Ricavare la formula dello scambio termico radiativo tra due superfici nere.

Soluzione

Esercizio 1

1)

Prova scritta di Fisica Tecnica I – 09/04/2008

$$\varphi_{BU} = 1$$

$$p_{s,BU} = 611,85 e^{\frac{17,502 \cdot 17}{240,9+17}} = 1939,5 \text{ Pa}$$

$$x_{BU} = 0,622 \frac{p_{s,BU}}{p_{atm} - p_{s,BU}} = 0,622 \cdot \frac{1939,5}{1,013 \cdot 10^5 - 1939,5} = 12,1 \cdot 10^{-3} \frac{kg_v}{kg_a}$$

$$h_1 \approx h_{BU} = 1,006 \cdot 17 + 12,1 \cdot 10^{-3} (2501 + 1,875 \cdot 17) = 47,9 \frac{kJ}{kg}$$

$$x_1 = \frac{h_1 - 1,006 t_1}{2501 + 1,875 t_1} = 10,1 \cdot 10^{-3} \frac{kg_v}{kg_a}$$

2)

$$p_{s,1} = 611,85 e^{\frac{17,502 \cdot 22}{240,9+22}} = 2646,8 \text{ Pa}$$

$$\varphi_1 = \frac{x_1 p_{atm}}{(0,622 + x_1) p_{s,1}} = 0,61$$

3)

$$x_R = x_1 = 10,1 \cdot 10^{-3} \frac{kg_v}{kg_a}$$

$$x_R = 0,622 \frac{p_{s,R}}{p_{atm} - p_{s,R}}$$

$$p_{s,R} = 1618,6 \text{ Pa}$$

$$p_{s,R} = 611,85 e^{\frac{17,502 \cdot t_R}{240,9+t_R}}$$

$$t_R = \frac{240,9 \ln \frac{p_{s,R}}{611,85}}{17,502 - \ln \frac{p_{s,R}}{611,85}} = 14,2 \text{ } ^\circ C$$

4)

$$q_{1-2} = h_2 - h_1$$

$$q_{1-2} = 1,006 \cdot (90 - 22) + 10,1 \cdot 10^{-3} \cdot 1,875 \cdot (90 - 22) = 69,7 \frac{kJ}{kg}$$

Esercizio 2

1)

$$u = \frac{\dot{V}}{S} = 4 \cdot \frac{2,5}{3600 \cdot \pi \cdot 0,0279^2} = 1,14 \frac{m}{s}$$

$$Re = \frac{u D}{\nu} = 8,81 \cdot 10^4$$

$$Nu_D = 0,023 Re_D^{0,8} Pr^{0,3} = 263,3$$

$$h = \frac{k}{D} Nu = 6323 \frac{W}{m^2 K}$$

$$D_{e,LR} = 33,7 + 50 = 83,7 \text{ mm}$$

$$q = \frac{t_{\infty i} - t_{\infty e}}{\frac{1}{\pi L D_i h_i} + \frac{\ln \frac{D_e}{D_i}}{2\pi L k_{acc}} + \frac{\ln \frac{D_{e,LR}}{D_e}}{2\pi L k_{LR}} + \frac{1}{\pi L D_{e,LR} h_e}}$$

$$\frac{q}{L} = \frac{t_{\infty i} - t_{\infty e}}{\frac{1}{\pi D_i h_i} + \frac{\ln \frac{D_e}{D_i}}{2\pi k_{acc}} + \frac{\ln \frac{D_{e,LR}}{D_e}}{2\pi k_{LR}} + \frac{1}{\pi D_{e,LR} h_e}} =$$

$$= \frac{80 - 20}{\frac{1}{\pi \cdot 27,9 \cdot 10^{-3} \cdot 6323} + \frac{\ln \frac{33,7}{27,9}}{2 \cdot \pi \cdot 45} + \frac{\ln \frac{83,7}{33,7}}{2 \cdot \pi \cdot 0,040} + \frac{1}{\pi \cdot 83,7 \cdot 10^{-3} \cdot 7}} = 14,4 \frac{W}{m}$$

2)

$$\frac{q}{L} = \pi D_{e,LR} h_e (t_{D_{e,LR}} - t_{\infty e})$$

$$t_{D_{e,LR}} = \frac{\frac{q}{L}}{\pi D_{e,LR} h_e} + t_{\infty e} = \frac{14,4}{\pi \cdot 83,7 \cdot 10^{-3} \cdot 7} + 20 = 27,8 \text{ } ^\circ C$$

$$t_{D_i,LR} = \frac{q}{L} \frac{\ln \frac{D_{e,LR}}{D_i}}{2\pi k_{LR}} + t_{D_{e,LR}} = 79,9 \text{ } ^\circ C$$