Prova scritta di Fisica Tecnica I – 15/01/2008

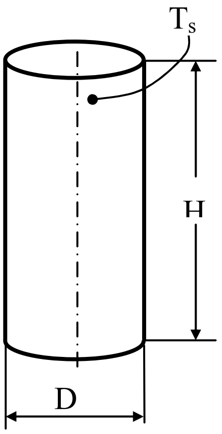
Esercizio 1

Da una cucina viene estratta una portata volumetrica $\dot{V} = 1800 \frac{m^3}{h}$ di aria alla temperatura t_A = 36 °C ed umidità relativa $\varphi_A = 92\%$; questa portata attraversa una batteria di deumidificazione la cui temperatura superficiale è pari a t_s = 7 ^oC uscendo in condizioni di saturazione. Sapendo che la pressione di saturazione dell'acqua alla temperatura t_s e t_A è pari rispettivamente a $p_{,sA}$ = 5940 *Pa* e $p_{s,s}$ = 1000 *Pa,* si chiede di determinare:

1. l'umidità specifica x_A ed x_s nelle condizioni dell'ambiente e all'uscita del deumidificatore;
2. la portata di acqua condensata $\dot{m}_l$;
3. il flusso termico totale $\dot{Q}_f$, scambiato nel deumidificatore

Note: Si consideri: R=287,0 J/(kg K) r_0=2501 kJ/kg; c_{pa}=1,006 kJ/kg K; c_{pv}=1,875 kJ/kgK; p_{atm} = 1,013 10^5 Pa

Esercizio 2



A seguito di una prolungata permanenza alla temperatura di 0 °C, il contenuto della lattina (D = 5 cm H = 13.5 cm) di una nota bevanda energetica effervescente si è completamente solidificato.
Successivamente, la lattina è posta verticalmente in un ambiente di rilevanti dimensioni in cui la temperatura dell'aria, supposta in quiete, è pari a T_∞ = 20 °C, e le cui pareti hanno temperatura T_{amb} = 17 °C.
Determinare il tempo necessario a fondere l'intero contenuto della lattina, nelle seguenti ipotesi:

- Durante il processo di fusione, la temperatura esterna della lattina rimane costante e pari a T_s = 0 °C;
- L'emissività della superficie della lattina è pari a ε = 0.2;
- Ai fini dello scambio termico, si trascuri il contributo delle superfici circolari di estremità e la resistenza termica delle pareti della lattina.

<u>Note</u>:

- *Si assumano (ad un'opportuna temperatura) le seguenti proprietà termofisiche per l'aria:* $k = 0.025$ W/(m K); $\nu = 14.38\times10^{-6}$ m^2/s; $\alpha = 20.3\times10^{-6}$ m^2/s; Pr=0,71; $\beta = 3.53\times10^{-3}$ K^{-1}
- *Per valutare il coefficiente di scambio termico convettivo, si utilizzi la correlazione di Churchill e Chu, valida per lastre piane e cilindri di diametro elevato disposti verticalmente:*

$$Nu_H = 0.68 + \frac{0.67\left(Ra_H\right)^{1/4}}{\left[1+\left(\frac{0.492}{\text{Pr}}\right)^{9/16}\right]^{4/9}} \qquad \text{valida per} \quad 0 < \text{Ra}_\text{H} < 10^9$$

- *La costante di Stefan-Boltzmann vale:* $\sigma = 5.67\times10^{-8}$ W/(m^{2}K^4)
- *Il calore latente di fusione della bibita è pari a* λ = 334 kJ/kg, *e la sua densità, allo stato solido, è pari a* ρ = 920 kg/m^3.

Teoria

1. Ricavare l'equazione della conservazione della massa.
2. Ricavare per un gas ideale l'espressione del lavoro tecnico riferito ad una trasformazione isoterma.
3. Ricavare in condizioni stazionarie e senza generazione interna di calore l'andamento della temperatura in una parete cilindrica con temperatura delle pareti uniforme.

Prova scritta di Fisica Tecnica I – 15/01/2008

Soluzione

Esercizio 1

1)

$$x_A = 0,622\frac{\varphi_A p_{s,A}}{p-\varphi_A p_{s,A}} = 0,622\cdot\frac{0,92\cdot 5940}{1,013\cdot 10^5 - 0,92\cdot 5940} = 35,46\cdot 10^{-3}\,\frac{kg_v}{kg_a}$$

$$x_s = 0,622\frac{\varphi_s p_{s,s}}{p-\varphi_s p_{s,s}} = 0,622\cdot\frac{1\cdot 1000}{1,013\cdot 10^5 - 1\cdot 1000} = 6,201\cdot 10^{-3}\,\frac{kg_v}{kg_a}$$

2)

$$\rho_a = \frac{p_a}{R_a T_A} = \frac{1,013\cdot 10^5 - 0,92\cdot 5940}{287,0\cdot(273+36)} = 1,080\frac{kg}{m^3}$$

$$\dot{m}_a = \rho_a \dot{V} = 1,080\cdot\frac{1800}{3600} = 0,5401\frac{kg}{s}$$

$$\dot{m}_l = \dot{m}_a\left(x_A - x_s\right) = 0,5401\cdot(35,46-6,201)\cdot 10^{-3} = 1,581\cdot 10^{-2}\,\frac{kg}{s}$$

3)

$$\dot{m}_a\left(h_s - h_A\right) + \dot{m}_l h_l = \dot{Q}_f$$

$$h_I = c_{p,a}t_a + x_A\left(r_0 + c_{p,v}t_A\right) = 1,006\cdot 36 + 3,546\cdot 10^{-2}\cdot(2501+1,875\cdot 36) = 127,3\frac{kJ}{kg}$$

$$h_s = c_{p,a}t_s + x_s\left(r_0 + c_{p,v}t_s\right) = 1,006\cdot 7 + 6,201\cdot 10^{-3}\cdot(2501+1,875\cdot 7) = 22,63\frac{kJ}{kg}$$

$$h_l = c_{p,H_2O}t_s = 4,186\cdot 7 = 29,30\frac{kJ}{kg}$$

$$\dot{Q}_f = -56,06\,kW$$

Esercizio 2

$$m = \rho V = \rho\frac{\pi D^2}{4}H = 920\cdot\frac{\pi\left(5\cdot 10^{-2}\right)^2}{4}13,5\cdot 10^{-2} = 0,244\,kg$$

$$\frac{m\lambda}{\tau} = A_s h\left(T_s - T_\infty\right) + \varepsilon A_s\sigma\left(T_s^4 - T_{amb}^4\right)$$

$$A_s = \pi DH = \pi\cdot 5\cdot 10^{-2}\cdot 13,5\cdot 10^{-2} = 2,12\cdot 10^{-2}m^2$$

$$Ra_H = \frac{g\beta H^3\left(T_\infty - T_s\right)}{\nu\alpha} = 5837409$$

$$Nu = 25,96$$

$$h = \frac{k}{H}Nu = \frac{0,025}{13,3\cdot 10^{-2}}\cdot 25,96 = 4,8\frac{W}{m^2K}$$

$$\tau = \frac{-m\lambda}{A_s h\left(T_s - T_\infty\right) + \varepsilon A_s\sigma\left(T_s^4 - T_{amb}^4\right)} =$$

$$= \frac{-0,244\cdot 334\cdot 10^3}{2,12\cdot 10^{-2}\cdot 4,8\cdot(0-20) + 0,2\cdot 2,12\cdot 10^{-2}\cdot 5,67\cdot 10^{-8}\left(273^4 - 290^3\right)} = 33954s \simeq 9,4h$$