

Esercizio 1

Una portata d'aria $\dot{m} = 1500 \frac{kg_a}{h}$, alla pressione di 1013,25 hPa, alla temperatura $t_1 = 30^\circ C$ ed umidità relativa $\varphi_1 = 60\%$, viene raffreddata e deumidificata in una batteria fredda avente una temperatura superficiale $t_s = 10^\circ C$. Successivamente l'aria viene riscaldata fino alle condizioni di immissione $t_1 = 25^\circ C$ e $\varphi_1 = 50\%$.

Servendosi del diagramma psicrometrico, calcolare:

1. Le proprietà termodinamiche dell'aria umida all'uscita della batteria di raffreddamento e nelle condizioni di immissione I.
2. La potenza della batteria di raffreddamento
3. La portata del condensato
4. La potenza della batteria di post riscaldamento.

Esercizio 2.

In condizioni stazionarie, la temperatura superficiale di una lampadina ad incandescenza è pari a $t_s = 125^\circ C$, mentre l'aria ambiente si trova ad una temperatura $t_\infty = 25^\circ C$ e le pareti della stanza hanno una temperatura pari a $t_{amb} = 25^\circ C$.

Approssimando il bulbo della lampadina come una sfera di diametro $D = 40\text{ mm}$ ed emissività superficiale $\varepsilon = 0,8$, calcolare il flusso termico, q , emesso dalla superficie della lampadina.

Note:

Per valutare il coefficiente di scambio termico convettivo, si faccia uso della correlazione di Churchill:

$$Nu_D = 2 + \frac{0.589(Ra_D)^{1/4}}{\left[1 + \left(\frac{0.469}{Pr}\right)^{9/16}\right]^{4/9}} \quad \text{valida per fluidi con } Pr \geq 0.7 \quad \text{e} \quad Ra_D \leq 10^{11}$$

Per le proprietà termodinamiche dell'aria, si faccia uso della tabella allegata.

La costante di Stefan-Boltzmann vale $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{K}^4\text{)}$.

Supporre la stanza molto più grande della lampadina.

t [°C]	ρ [kg/m³]	c_p [kJ/(kg K)]	k [W/(m K)]	α [m²/s]	μ [kg/(m s)]	ν [m²/s]	Pr	$\frac{g\beta\nu^2}{[1/(m^3 K)]}$
0	1,287	1,006	0,0242	$1,87 \cdot 10^{-5}$	$1,71 \cdot 10^{-5}$	$1,33 \cdot 10^{-5}$	0,713	$2,03 \cdot 10^8$
10	1,240	1,007	0,0250	$2,00 \cdot 10^{-5}$	$1,76 \cdot 10^{-5}$	$1,42 \cdot 10^{-5}$	0,711	$1,72 \cdot 10^8$
20	1,193	1,007	0,0258	$2,14 \cdot 10^{-5}$	$1,81 \cdot 10^{-5}$	$1,52 \cdot 10^{-5}$	0,709	$1,45 \cdot 10^8$
30	1,151	1,007	0,0265	$2,29 \cdot 10^{-5}$	$1,86 \cdot 10^{-5}$	$1,62 \cdot 10^{-5}$	0,706	$1,24 \cdot 10^8$
40	1,118	1,008	0,0273	$2,42 \cdot 10^{-5}$	$1,91 \cdot 10^{-5}$	$1,71 \cdot 10^{-5}$	0,705	$1,08 \cdot 10^8$
50	1,084	1,008	0,0280	$2,56 \cdot 10^{-5}$	$1,96 \cdot 10^{-5}$	$1,80 \cdot 10^{-5}$	0,704	$9,33 \cdot 10^7$
60	1,051	1,008	0,0288	$2,71 \cdot 10^{-5}$	$2,00 \cdot 10^{-5}$	$1,90 \cdot 10^{-5}$	0,702	$8,12 \cdot 10^7$
70	1,018	1,009	0,0295	$2,87 \cdot 10^{-5}$	$2,05 \cdot 10^{-5}$	$2,01 \cdot 10^{-5}$	0,701	$7,05 \cdot 10^7$
80	0,987	1,009	0,0302	$3,04 \cdot 10^{-5}$	$2,10 \cdot 10^{-5}$	$2,12 \cdot 10^{-5}$	0,699	$6,16 \cdot 10^7$
90	0,962	1,010	0,0310	$3,19 \cdot 10^{-5}$	$2,14 \cdot 10^{-5}$	$2,22 \cdot 10^{-5}$	0,697	$5,46 \cdot 10^7$
100	0,938	1,011	0,0318	$3,35 \cdot 10^{-5}$	$2,18 \cdot 10^{-5}$	$2,33 \cdot 10^{-5}$	0,695	$4,85 \cdot 10^7$
110	0,913	1,012	0,0325	$3,52 \cdot 10^{-5}$	$2,23 \cdot 10^{-5}$	$2,44 \cdot 10^{-5}$	0,693	$4,30 \cdot 10^7$
120	0,888	1,013	0,0333	$3,70 \cdot 10^{-5}$	$2,27 \cdot 10^{-5}$	$2,56 \cdot 10^{-5}$	0,691	$3,82 \cdot 10^7$
130	0,865	1,014	0,0340	$3,88 \cdot 10^{-5}$	$2,31 \cdot 10^{-5}$	$2,68 \cdot 10^{-5}$	0,690	$3,40 \cdot 10^7$

Teoria

1. Ricavare il lavoro tecnico in una compressione adiabatica in funzione del rapporto delle pressioni supponendo che il gas ideale.
2. Ricavare la formula della retta di lavoro di un condizionamento estivo a tutt'aria.
3. Ricavare l'equazione di Fourier per un solido isotropo in assenza di variazioni di volume.

Soluzione.

Esercizio 1

Dal diagramma $h_1 = 71 \frac{kJ}{kg}$ $x_1 = 16 \frac{g_v}{kg_a}$

1)

Punto 2

$$\varphi_2 = 90\% \quad t_2 = 15,5 \text{ } ^\circ C \quad h_2 = 41 \frac{kJ}{kg} \quad x_2 = 10 \frac{g_v}{kg_a}$$

Punto I

$$\varphi_I = 50\% \quad t_I = 25 \text{ } ^\circ C \quad h_I = 51 \frac{kJ}{kg} \quad x_I = 10 \frac{g_v}{kg_a}$$

2)

$$\dot{q}_f^- \cong \dot{m}_a (h_2 - h_1) = \frac{1500}{3600} (41 - 71) = -12,5 \text{ kW}$$

3)

$$\dot{m}_l = \dot{m}_a (x_2 - x_1) = 1500 (10 - 16) 10^{-3} = -9 \frac{kg}{h} = -2,5 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{s}$$

4)

$$\dot{q}_f^+ \cong \dot{m}_a (h_I - h_2) = \frac{1500}{3600} (51 - 42) = 3,75 \text{ kW}$$

Esercizio 2

$$q = q_{conv} + q_{rad} = h A (t_s - t_\infty) + \varepsilon \sigma A (T_s^4 - T_{amb}^4)$$

$$T_s = 398,15 \text{ K} \quad T_{amb} = 298,25 \text{ K}$$

$$A = 4\pi R^2 = \pi D^2 = \pi (40 \cdot 10^{-3})^2 = 5,02 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$T_f = \frac{T_s + T_\infty}{2} = \frac{125 + 25}{2} = 75 \text{ } ^\circ C$$

$$k = 0,0299 \frac{W}{m K} \quad \frac{g\beta}{\nu^2} = 6,61 \cdot 10^7 \frac{1}{m^3 K} \quad Pr = 0,7$$

$$Gr_D = \frac{g \beta \Delta T L^3}{\nu^2} = 6,61 \cdot 10^7 \cdot 100 \cdot (40 \cdot 10^{-3})^3 = 423040$$

$$Ra_D = Gr_D Pr = 296128$$

$$Nu_D = 12,59 \quad h = \frac{k}{D} Nu_D = 9,41$$

$$q_{conv} = 4,72 \text{ W}$$

$$q_{irr} = 3,92 \text{ W}$$

$$q = 8,64 \text{ W}$$