

Prova scritta di Fisica Tecnica, Fisica Tecnica I e Fisica Tecnica II – 16.02.2004
 Fisica Tecnica – Esercizi 1 e 2; Fisica Tecnica I – *solo* Esercizio 1; Fisica Tecnica II – *solo* Esercizio 2
 (Ing. Meccanica, Navale, Elettrica, dei Materiali)

.....
NOME e COGNOME.....
CORSO di LAUREA.....
Voto/i**Esercizio 1**

Per il condizionamento invernale di un edificio è necessario prelevare dall'esterno una portata d'aria di rinnovo \dot{m}_{aR} , alle condizioni di temperatura t_E ed umidità relativa φ_E . Sapendo che la pressione è costante e pari a $p = 101.325$ kPa, e che le condizioni interne all'edificio sono temperatura t_A ed umidità relativa φ_A , determinare nell'ordine:

1. L'entalpia h_A [kJ/kg_a] e l'umidità specifica x_A [g/kg_a] dell'aria all'interno dell'edificio condizionato;
2. L'entalpia h_E [kJ/kg_a] e l'umidità specifica x_E [g/kg_a] dell'aria esterna;
3. Il flusso termico q_{aR}^+ [kW] e la portata d'acqua \dot{m}_l [kg/s] da fornire all'aria di rinnovo per portarla in equilibrio termoigrometrico con l'aria dell'edificio condizionato.

Note:

- La pressione di saturazione per l'acqua può venire valutata, per $t \geq 0^\circ\text{C}$, con la relazione approssimata:

$$p_s(t) = 611.85 \cdot \exp\left(\frac{17.502 \cdot t}{240.9 + t}\right) \quad \text{dove } p_s(t) \text{ [Pa]} \text{ è la pressione di saturazione, e } t [^\circ\text{C}] \text{ è la temperatura.}$$

- Per il calcolo delle proprietà dell'aria umida e dell'acqua si utilizzino i seguenti valori:

$$c_{pa} = 1.006 \text{ kJ/(kg K)}, \quad c_{pv} = 1.875 \text{ kJ/(kg K)}, \quad r_0 = 2501 \text{ kJ/kg}, \quad c_w = 4.187 \text{ kJ/(kg K)}$$

$$M_a = 28.97 \text{ kg/kmol}, \quad M_v = 18.02 \text{ kg/kmol}, \quad R_a = 0.287 \text{ kJ/(kg}_a\text{ K)}, \quad R_v = 0.461 \text{ kJ/(kg}_v\text{ K)}$$

TEMA	\dot{m}_{aR}^+ [kg/s]	t_E [°C]	φ_E [%]	t_A [°C]	φ_A [%]
A	11	2	50	20	60
B	7	5	50	20	60

Esercizio 2

Una portata d'aria \dot{m}_a , proveniente da una batteria di raffreddamento, scorre all'interno di un condotto metallico, non isolato e di spessore trascurabile, di diametro D . Il condotto, la cui lunghezza complessiva è pari a L , attraversa l'interno di un edificio, nel quale l'aria si trova ad una temperatura t_∞ . La circolazione naturale dell'aria in tale ambiente da origine ad uno scambio termico convettivo, sulla superficie esterna del condotto, caratterizzato da un coefficiente convettivo h_e .

Se la temperatura di ingresso dell'aria nel condotto è pari a $t_{m,i}$, determinare:

1. La temperatura $t_{m,o}$ [°C] di uscita dell'aria;
2. Il flusso termico scambiato q [W].

Note:

- Per valutare il coefficiente di scambio termico convettivo dell'aria all'interno del condotto, si utilizzi, giustificando, la correlazione di Dittus-Boelter:

$$Nu_D = 0.023 Re_D^{4/5} Pr^n \quad \text{valida per : } 0.7 \leq Pr \leq 160; \quad L/D \geq 10; \quad Re_D \geq 10^4$$

dove L e D rappresentano, rispettivamente, la lunghezza ed il diametro della tubazione, le proprietà termodinamiche vanno valutate alla temperatura media t_m , e l'esponente n assume i valori:

$$n = 0.4 \text{ nel caso di riscaldamento } (t_\infty > t_m)$$

$$n = 0.3 \text{ nel caso di raffreddamento } (t_\infty < t_m)$$

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

TEMA	\dot{m}_a [kg/s]	D [m]	L [m]	t_∞ [°C]	h_e [W/(m ² K)]	$t_{m,i}$ [°C]
A	0.050	0.30	15	37	2	7
B	0.075	0.35	20	32	3	5

Proprietà dell'aria a pressione atmosferica.

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

Soluzioni

Esercizio 1

TEMA A	TEMA B
1. $h_A = 42.3 \text{ kJ/kg}_a$ $x_A = 8.74 \text{ g/kg}_a$ 2. $h_E = 8 \text{ kJ/kg}_a$ $x_E = 2.18 \text{ g/kg}_a$ 3. $q_{aR}^+ = 383 \text{ kW}$ $\dot{m}_l = 0.072 \text{ kg/s}$	1. $h_A = 42.3 \text{ kJ/kg}_a$ $x_A = 8.74 \text{ g/kg}_a$ 2. $h_E = 11.8 \text{ kJ/kg}_a$ $x_E = 2.69 \text{ g/kg}_a$ 3. $q_{aR}^+ = 214 \text{ kW}$ $\dot{m}_l = 0.042 \text{ kg/s}$

Esercizio 2

TEMA A	TEMA B
<p>Assunta una temperatura di uscita di tentativo : $t_{m,o}^* = t_\infty = 37^\circ\text{C}$ la temperatura media a cui ricavare le proprietà termofisiche è: $\bar{t}_m^* = \frac{t_{m,i} + t_{m,o}^*}{2} = 22^\circ\text{C}$ e queste si ottengono interpolando linearmente dalla tabella fornita: $c_p = 1.007 \text{ kJ/(kg K)}$; $k = 0.0259 \text{ W/(m K)}$ $\mu = 1.82 \times 10^{-5} \text{ kg/(m s)}$; $\rho = 1.185 \text{ kg/m}^3$ $Pr = 0.7084$</p> $Re_D = \frac{U_m D}{\nu} = \frac{\dot{m}_a D}{\rho A_c \nu} = \frac{\dot{m}_a D}{A_c \mu} = 11660$ $Nu_D = \frac{h_i D}{k} = 0.023 Re_D^{4/5} Pr^{0.4} = 35.91$ $h_i = 3.1 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ $U = \frac{1}{R_{tot} A} = \left(\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \right)^{-1} = 1.22 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ $t_{m,o}^{**} = t_\infty - (t_\infty - t_{m,i}) \exp\left(-\frac{\pi DL}{\dot{m}_a c_p} U\right) = 15.7^\circ\text{C}$ <p>Ripetendo i calcoli valutando le proprietà termofisiche alla temperatura: $\bar{t}_m^{**} = \frac{t_{m,i} + t_{m,o}^{**}}{2} = 11.3^\circ\text{C}$ si ottiene:</p> <ol style="list-style-type: none"> $t_{m,o} = 15.6^\circ\text{C}$ $q = \dot{m}_a c_p (t_{m,o} - t_{m,i}) = 433 \text{ W}$ 	<p>Assunta una temperatura di uscita di tentativo : $t_{m,o}^* = t_\infty = 32^\circ\text{C}$ la temperatura media a cui ricavare le proprietà termofisiche è: $\bar{t}_m^* = \frac{t_{m,i} + t_{m,o}^*}{2} = 18.5^\circ\text{C}$ e queste si ottengono interpolando linearmente dalla tabella fornita: $c_p = 1.007 \text{ kJ/(kg K)}$; $k = 0.0257 \text{ W/(m K)}$ $\mu = 1.81 \times 10^{-5} \text{ kg/(m s)}$; $\rho = 1.200 \text{ kg/m}^3$ $Pr = 0.7093$</p> $Re_D = \frac{U_m D}{\nu} = \frac{\dot{m}_a D}{\rho A_c \nu} = \frac{\dot{m}_a D}{A_c \mu} = 15074$ $Nu_D = \frac{h_i D}{k} = 0.023 Re_D^{4/5} Pr^{0.4} = 44.12$ $h_i = 3.23 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ $U = \frac{1}{R_{tot} A} = \left(\frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} \right)^{-1} = 1.56 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$ $t_{m,o}^{**} = t_\infty - (t_\infty - t_{m,i}) \exp\left(-\frac{\pi DL}{\dot{m}_a c_p} U\right) = 14.9^\circ\text{C}$ <p>Ripetendo i calcoli valutando le proprietà termofisiche alla temperatura: $\bar{t}_m^{**} = \frac{t_{m,i} + t_{m,o}^{**}}{2} = 9.9^\circ\text{C}$ si ottiene:</p> <ol style="list-style-type: none"> $t_{m,o} = 14.8^\circ\text{C}$ $q = \dot{m}_a c_p (t_{m,o} - t_{m,i}) = 740 \text{ W}$