

Prova scritta di Fisica Tecnica – 09.09.2003
Fisica Tecnica I – *solo* Esercizio 1; Fisica Tecnica II – *solo* Esercizio 2

(Ing. Meccanica, Navale, Elettrica, dei Materiali, Civile, Edile, Ambientale)

.....
NOME e COGNOME

.....
CORSO di LAUREA

.....
Voto

Esercizio 1

Durante la stagione estiva si vuole mantenere un ambiente, di volume pari a V_A , nelle condizioni di temperatura t_A ed umidità relativa ϕ_A . Il flusso termico sensibile che entra nell'ambiente è pari a q_s^+ , e la quantità di vapore acqueo prodotto, alla temperatura t_A , è pari a \dot{m}_{vA} .

Nell'ipotesi che la pressione sia costante e pari a $p = 101.325$ kPa, ed assumendo un ricambio orario dell'aria contenuta nell'ambiente, con l'ausilio del diagramma psicrometrico allegato determinare nell'ordine:

1. La portata d'aria d'immissione \dot{m}_{aI} [kg/s];
2. Il carico termico totale q_t^+ [kW];
3. L'entalpia dell'aria h_A [kJ/kg_a] e l'umidità specifica x_A [g_v/kg_a] dell'ambiente condizionato;
4. L'entalpia dell'aria d'immissione h_I [kJ/kg_a];
5. La temperatura t_I e l'umidità specifica x_I dell'aria d'immissione.

Nota:

Per il calcolo dell'entalpia del vapore si utilizzino i seguenti valori:

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

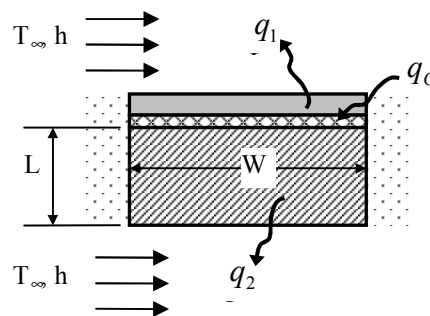
TEMA	V_A [m ³]	t_A [°C]	ϕ_A [%]	q_s^+ [kW]	\dot{m}_{vA} [kg/h]
A	1500	26	50	4.5	1.1
B	1300	25	60	2.6	2.5

Esercizio 2

Un componente elettronico (chip) di piccolo spessore, ed il sottostante substrato di alluminio ($k = 238$ W/(m K)), di spessore L , sono separati da uno strato di collante (epoxy), di spessore trascurabile.

Le dimensioni del chip e del substrato sono pari a W su ciascun lato, e le loro superfici esterne sono raffreddate con aria, a temperatura T_∞ e con un coefficiente di scambio termico convettivo h .

Se il chip dissipa un flusso termico q_C in condizioni normali, valutare se la sua temperatura T_C sarà inferiore alla temperatura massima ammissibile, pari a $T_{MAX} = 85$ °C, nelle ipotesi di conduzione monodimensionale (scambio termico trascurabile dai bordi), e resistenza termica del chip trascurabile (chip isoterma).



TEMA	L [mm]	W [mm]	T_∞ [°C]	h [W/(m ² K)]	q_C [W]
A	8	10	25	100	1
B	6	8	20	70	0.6

Soluzioni

Esercizio 1

1. $\dot{V}_A = n \cdot V_A$
dove n [1/h] è il numero di ricambi orari, nel nostro caso pari a 1.
 $\dot{m}_{al} = \dot{V}_A / v_A$
dove v_A [m³/kg_a] è il volume specifico dell'aria umida, riferito all'unità di massa dell'aria secca, ed è rilevabile dal diagramma psicrometrico, note t_A e φ_A .
2. $q_t^+ = q_s^+ + q_\lambda^+ = q_s^+ + \dot{m}_{vA} h_v = q_s^+ + \dot{m}_{vA} (r_0 + c_{pv} t_A)$
3. L'entalpia dell'aria h_A e l'umidità specifica x_A dell'ambiente si leggono dal diagramma, note t_A e φ_A .
4. L'entalpia dell'aria d'immissione si ricava dal bilancio termico per l'ambiente A:
 $q_t^+ + \dot{m}_{al} h_I = \dot{m}_{al} h_A$
da cui
 $h_I = (\dot{m}_{al} h_A - q_t^+) / \dot{m}_{al}$
5. Per determinare la temperatura t_I e l'umidità specifica x_I dell'aria di immissione, possiamo operare in due modi:
 - 5.1. Utilizzo della retta d'esercizio:
dalle $q_t^+ = \dot{m}_{al} (h_A - h_I)$ e $\dot{m}_{vA} = \dot{m}_{al} (x_A - x_I)$ si ha
$$\frac{\Delta h}{\Delta x} = \frac{h_A - h_I}{x_A - x_I} = \frac{q_t^+}{\dot{m}_{vA}}$$

basta quindi tracciare la retta, di pendenza $\Delta h / \Delta x$, passante per A e che interseca l'isoentalpica h_I , per ottenere t_I e x_I .
 - 5.2. Calcolo dell'umidità specifica x_I attraverso il bilancio di massa:
$$x_I = x_A - \frac{\dot{m}_{vA}}{\dot{m}_{al}}$$

E quindi t_I dal diagramma, noti x_I ed h_I .

TEMA	\dot{m}_{al} [kg _a /s]	q_t^+ [kW]	h_A [kJ/kg _a]	x_A [g/kg _a]	h_I [kJ/kg _a]	t_I [°C]	x_I [g/kg _a]
A	0.485	5.28	53	10.5	42.1	17	9.5
B	0.420	4.37	55	12	44.6	18	10.5

Esercizio 2

Il calore generato all'interno del chip è trasferito all'aria, direttamente dalla superficie esposta, ed indirettamente attraverso lo strato di epoxy ed il substrato.

Da un bilancio di energia per il chip, ed attraverso la rete elettrica equivalente:

$$q_c = q_1 + q_2$$

$$q_c = A \left[\frac{T_c - T_\infty}{(1/h)} + \frac{T_c - T_\infty}{(L/k) + (1/h)} \right]$$

da cui

$$T_c = T_\infty + \frac{q_c}{A} \left[h + \frac{1}{(L/k) + (1/h)} \right]^{-1}$$

e sostituendo i valori numerici

$$T_c^A = 75^\circ\text{C}$$

$$T_c^B = 87^\circ\text{C}$$

Perciò la temperatura di funzionamento a regime del chip:

TEMA A: è minore della temperatura massima ammissibile.

TEMA B: è maggiore della temperatura massima ammissibile, e quindi non accettabile.

NOTA: Il risultato non cambierebbe anche tenendo conto della resistenza di contatto fra chip ed unione in epoxy, poiché la resistenza termica convettiva è molto maggiore delle altre.

