

Prova scritta di Fisica Tecnica II – 15.02.2005  
(Nuovo Ordinamento - Ing. Meccanica)

.....  
NOME e COGNOME

.....  
CORSO di LAUREA

.....  
Voto/i

**Esercizio**

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

Approssimando il bulbo della lampadina come una sfera di diametro  $D$  ed emissività superficiale  $\varepsilon$ , calcolare il flusso termico  $q$  emesso dalla superficie della lampadina.

Note:

- Per valutare il coefficiente di scambio termico convettivo, si faccia uso, giustificando, della seguente correlazione (Churchill, 1983), valida scambio termico in convezione naturale da sfere:

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

- Per le proprietà termodinamiche dell'aria, si faccia uso della tabella allegata.
- La costante di Stefan-Boltzmann vale  $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{K}^4\text{)}$

TEMA	$t_s$ [°C]	$t_\infty$ [°C]	$t_{amb}$ [°C]	$D$ [mm]	$\varepsilon$
A	125	25	25	40	0.8
B	125	15	15	50	0.7

**Proprietà dell'aria a pressione atmosferica.**

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

## Soluzioni

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

dove A è la superficie della lampadina.

Per valutare il flusso convettivo è necessario, per utilizzare la correlazione fornita, determinare il numero di Grashof e quindi il numero di Rayleigh

$$Gr_D = \frac{g \beta \Delta T D^3}{\nu^2} = \frac{g \beta (t_s - t_\infty) D^3}{\nu^2}$$

dove le proprietà termofisiche vanno valutate alla temperatura del film

$$t_f = \frac{t_s + t_\infty}{2}$$

$$Ra_D = Gr_D \cdot Pr$$

Ricavato il numero di Nusselt dalla correlazione, il coefficiente convettivo si ottiene dalla

$$h = \frac{k Nu_D}{D}$$

Tema A	Tema B
$q = 8.64 \text{ W}$ $(q_{conv} = 4.72 \text{ W}; \quad q_{irr} = 3.92 \text{ W})$	$q = 13.34 \text{ W}$ $(q_{conv} = 7.66 \text{ W}; \quad q_{irr} = 5.68 \text{ W})$
Il contributo delle due modalità di scambio termico è comparabile.	