

Irraggiamento (rif. Capitolo 13)

agg.: 23/09/2011

☒ questo simbolo segnala che per la soluzione del problema è consigliabile (talvolta obbligatorio) avvalersi di un PC.

Es. A.1 – Una tubazione che trasporta vapore presenta un diametro esterno di 26 mm laddove si misura una temperatura di 120°C e l'emissività è 0.8. La tubazione è immersa in un vasto ambiente le cui pareti sono a 10°C. L'aria circostante è a 10°C e il coefficiente di scambio convettivo è 8 W/(m² K). Determinare la potenza termica ceduta da 1 m di tubazione.

[136 W]

Es. A.2 – Si ripeta l'esercizio precedente linearizzando il problema, ossia introducendo il coefficiente di scambio radiativo.

[109 W, 171 W, 135 W se h_r è riferito rispettivamente a T_{amb} , T_w , $(T_w+T_{amb})/2$]

Es. A.3 – Una lunga tubazione è adibita al trasporto di fluido criogenico; la tubazione ha un diametro esterno di 20 mm con emissività di 0.02 e temperatura di 77K. Un tubo coassiale di 40 mm con temperatura di 300K ed emissività 0.04 racchiude la tubazione. Tra le due tubazioni è fatto il vuoto. Determinare la potenza ceduta per unità di lunghezza della tubazione.

[0.46 W/m]

Es. A.4 – Con riferimento all'esercizio precedente, si pensa di ridurre lo scambio frapponendo alle due tubazioni uno schermo radiativo costituito da una sottile lamina avente diametro di 30 mm ed emissività (su entrambe le facce) di 0.03. Determinare la riduzione percentuale della potenza ceduta per unità di lunghezza della tubazione.

[42%]

Es. A.5 – Una sfera metallica di 1 cm di diametro, inizialmente a 300 K, è collocata in una ampia fornace le cui pareti sono a 1200 K. Assumendo che il rivestimento superficiale della sfera sia grigio con $\epsilon = 0.11$, si valuti la potenza netta ceduta radiativamente alla sfera nell'istante iniziale, la lunghezza d'onda cui la radiazione è massima e, in corrispondenza di quest'ultima, l'emissione spettrale.

[4.1 W, 3.46 W/(m² μm), 9.66 μm]

Es. A.6 – Una sfera metallica di 1 cm di diametro, inizialmente a 300 K, è collocata in una ampia fornace le cui pareti sono a mantenute a 1200 K. Facendo riferimento alle proprietà spettrali di Figura 1, si determini l'emissività totale all'istante iniziale e in quello finale, il coefficiente di assorbimento e la potenza netta ceduta radiativamente alla sfera nell'istante iniziale.

Suggerimento: in questo caso il corpo non è grigio, essendo $\epsilon_\lambda = \alpha_\lambda = f(\lambda)$.

[0.11, 0.62, 0.62, 22.9 W]

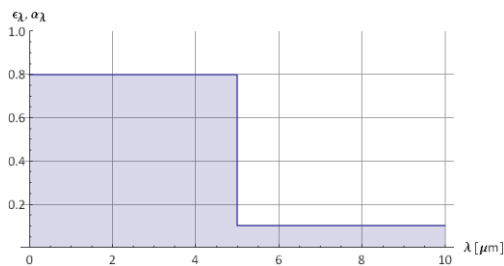


Figura 1

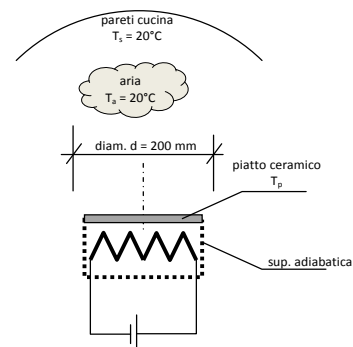


Figura 2

Es. A.7 – Il piatto ceramico del fornello di una cucina elettrica, schematizzato in figura, è riscaldato dal basso mediante una resistenza elettrica integrata. Le pareti della cucina, unitamente all'aria stagnante, sono a temperatura uniforme di 20°C.

Si valuti la potenza elettrica necessaria a mantenere il piatto del fornello a 250°C, nei seguenti casi:

il piatto è un corpo nero

il piatto è un corpo grigio, con emissività pari a 0.8

il piatto presenta emissività pari a 0.8 e assorbività pari a 0.6

A quale lunghezza d'onda il potere emissivo del piatto è massimo?

note: si consideri la cavità costituita dalle pareti della cucina come un ambiente molto ampio rispetto al fornello; il piatto è sottile e presenta quindi resistenza termica trascurabile.

Suggerimento: per la valutazione del coefficiente di scambio in convezione naturale si utilizzino le correlazioni riportate sul libro di testo per lastra piana orizzontale, assumendo come lunghezza di riferimento il rapporto area bagnata/perimetro.

[195 W, 171 W, 173 W]

Es. A.8 – La potenza elettrica dissipata dal piatto di cui al precedente esercizio è di 260 W. Le pareti della cucina, unitamente all'aria stagnante, sono a temperatura uniforme di 30°C. Si valuti la temperatura cui si porta il piatto, nei seguenti casi:

- il piatto è un corpo nero
- il piatto è un corpo grigio, con emissività pari a 0.8
- il piatto è un corpo selettivo con emissività pari a 0.6 e assorbività pari a 0.9

☒ La soluzione richiede una procedura iterativa.

[300°C, 320°C, 350°]

Es. A.9 – La distribuzione spettrale di energia del sole è ben approssimabile a quella di un corpo nero a 5800K. Sapendo che la distanza terra sole è $r_{ts} = 1.5 \cdot 10^{11}$ m e che il diametro del sole è $d_s = 1.39 \cdot 10^9$ m, calcolare il flusso radiativo incidente sulla superficie esterna dell'atmosfera terrestre (costante solare, G_s).

[1377 W/m²]

Nota: misure sperimentali forniscono $G_s = 1353$ W/m², valore molto vicino a quello calcolato.

Es. A.10 – Si stimi la temperatura media della superficie terrestre assumendola “nera” e la lunghezza d'onda di massima emissione. Sono noti il valore della costante solare, $G_s = 1377$ W/m², e il diametro della terra, $d_t = 1.29 \cdot 10^7$ m.

[279 K, 10 μm]

Nota: l'atmosfera terrestre concorre a ridurre le perdite radiative essenzialmente per il ben noto effetto serra: l'atmosfera è trasparente alla radiazione proveniente dal sole – caratterizzata da alta temperatura e quindi basse lunghezze d'onda – mentre l'emissione terrestre è schermata dall'atmosfera in quanto caratterizzata da bassa temperatura e quindi alte lunghezze d'onda. Ciò spiega perché in realtà la temperatura media è più elevata di quella calcolata attestandosi intorno ai 15°C.

Es. A.11 – Misure satellitari esterne all'atmosfera terrestre forniscono per la costante solare, $G_s = 1377$ W/m². Assumendo il sole “nero” se ne ricavi la temperatura (si recuperino i dati geometrici necessari dai precedenti esercizi) e la lunghezza d'onda di massima emissione.

[5774 K, 0.5 μm]

Nota: si noti come la lunghezza d'onda di massima emissione sia diversa nel caso del sole e della terra; ciò da luogo all'effetto serra.

Es. A.12 – I sensori per la termografia all'infrarosso sono tipicamente sensibili alla radiazione in due diverse bande: a) 3-5 μm (SW, short wave) e b) 8-14 μm (LW, long wave). La scelta del sensore si basa essenzialmente sulla quantità di energia raccolta in base alla temperatura della scena inquadrata. Valutare la frazione di energia sentita dai sensori SW ed LW a 300 e 1000K.

[@300K: 0.013(SW), 0.378(LW); @1000K: 0.362 (SW),0.106(LW)]

Nota: si noti come inquadrando scene a 300K sia preferibile un sensore LW, viceversa inquadrando scene a 1000K.

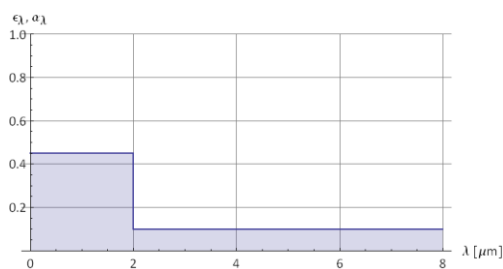


Figura 3

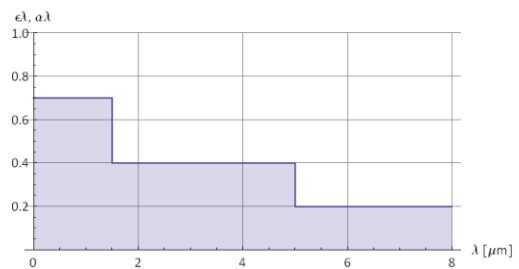


Figura 4

Es. A.13 – Un foro di 10 mm è praticato in una ampia camera isoterma a 2200 K. Una sonda per la misura del flusso termico (area 5mm²) è posta in asse di fronte al foro alla distanza di 50 mm. Ipotizzando sonda e foro come corpi neri e trascurando l'emissione dovuta all'ambiente circostante (più freddo), valutare il flusso totale misurato dalla sonda e quello misurato nella banda 0.4-2.7 μm.

[13.3 kW/m², 9.8 kW/m²]

Nota: questo sistema serve a calibrare le sonde per la misura del flusso.

Es. A.14 – Il filamento di tungsteno ($\rho = 19.300$ kg/m³, $c = 185$ J/(kg K)) di una lampada ad incandescenza si può schematizzare come un cilindro di diametro pari a 0.8 mm e di lunghezza pari a 20 mm. Supponendo che l'emissività del tungsteno abbia l'andamento riprodotto in Figura 3 e che la sua temperatura sia di 2800 K, determinare:

- la emissività totale della lampada
- la velocità di variazione della temperatura non appena la corrente è interrotta

Si stimi il tempo necessario perché si raggiungano i 1200 K ipotizzando:

- $\varepsilon(T)$ costante e paria a $\varepsilon(T_i)$.
- ε variabile

☞ [0.354, -1694 K/s, 6.45 s, 11.33 s]

Es. A.15 – Un foglio di acciaio ($\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$, $c = 600 \text{ J/(kg K)}$) dallo spessore di 3 mm, uscendo da un processo di lavorazione si trova alla temperatura di 1200 K. A tale temperatura, l'emissività spettrale è riportata in figura 4. Determinare l'emissività totale ε_i a 1200 K. Durante il raffreddamento il metallo si ossida e la sua emissività totale varia con la legge: $\varepsilon(T) = \varepsilon_i 1200/T$. Trascurando gli scambi conduttivi, convettivi e la radiazione dall'ambiente circostante, calcolare (analiticamente) il tempo necessario affinché la temperatura scenda a 600 K.

[0.36, 297 s]

Es. B.1 – Una superficie è caratterizzata dalla riflettività emisferica spettrale rappresentata in Figura 5 ed è investita (in tempi diversi) dalle irradiazioni $G_{\lambda,1}$, $G_{\lambda,2}$, $G_{\lambda,3}$ rappresentate in Figura 6. Determinare, nei tre casi:

- l'irradiazione totale
- il flusso radiativo assorbito
- l'assorbidività totale

[7500 W/m², 7500 W/m², 7500 W/m², 2250 W/m², 250 W/m², 0 W/m², 0.3, 0.033, 0]

Nota: l'assorbidività spettrale è una proprietà della superficie a differenza di quelle totali.

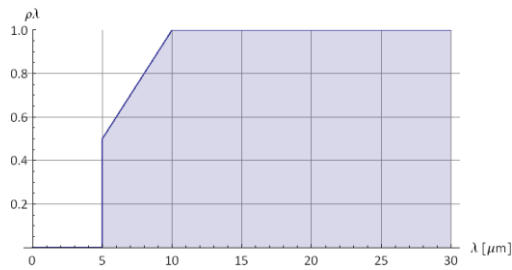


Figura 5

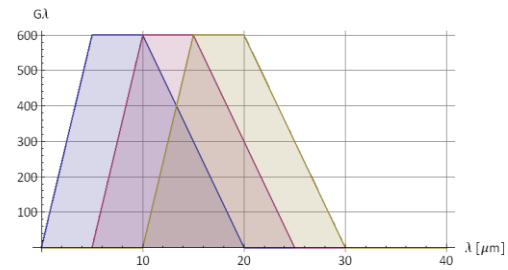


Figura 6

Es. B.2 – Un piccolo corpo opaco con temperatura superficiale di 300 K superficie è collocato in un forno alla temperatura di 1520 K. L'emissività spettrale della superficie è data in Figura 7. Determinare:

i valori totali dell'emissività e dell'assorbidività

il flusso radiativo riflesso

il flusso radiativo netto verso la superficie

il potere emissivo spettrale a 4 micrometri

la lunghezza d'onda per cui la radiazione emessa è pari alla metà di quella totale

[0.5, 0.6, 119 kW/m², 183 kW/m², 1.17 W/(m² micrometri), 13.6 micrometri]

Nota: le diverse temperature del corpo e delle pareti del forno danno luogo a diversi valori per ε e α .

Es. B.3 – Il sole irradia ($G = 1000 \text{ W/m}^2$) una superficie opaca, mantenuta a 310 K, la cui assorbidività è riportata in figura 8. Determinare la radiazione assorbita e il flusso da trasferire alla superficie per mantenere condizioni stazionarie.

[379 kW/m², 92 W/m²]

Nota: L'irradiazione spettrale proveniente dal sole è proporzionale a quella di un corpo nero a 5800K.

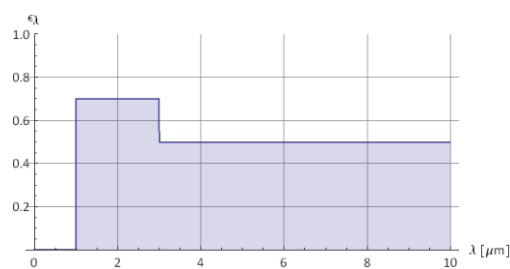


Figura 7

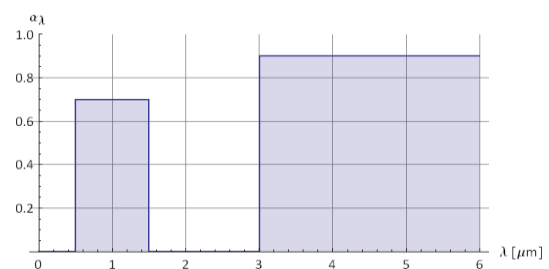


Figura 8

Es. B.4 – Una superficie opaca a 550 K è irradiata da un flusso spettrale che è uniformemente distribuito e pari a $400 \text{ W}/(\text{m}^2 \mu\text{m})$ nel campo $2\text{-}5\mu\text{m}$, zero altrove. La direzione di incidenza è di 30° rispetto alla normale alla superficie la cui emissività è riportata in figura 9. Un cm^2 di tale superficie è osservato da un termografo (il cui sensore ha una superficie di 0.1cm^2) posto normalmente ad essa a distanza di 0.6 m . Calcolare la potenza incidente sul sensore IR.
 $[3.65 \cdot 10^{-6} \text{ W}]$

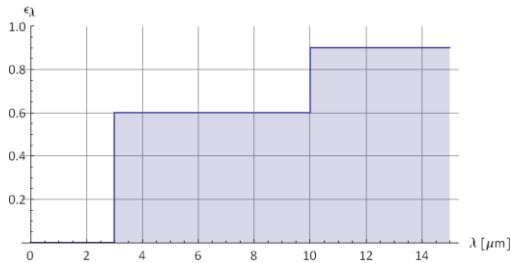


Figura 9

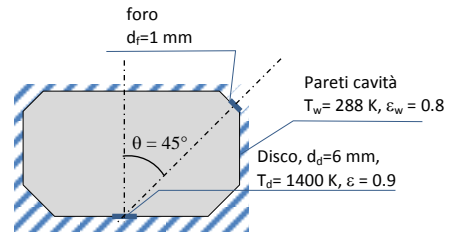


Figura 10

Es. B.5 – Con riferimento alla figura 10, si vuol calcolare il flusso radiativo che emerge dal foro. E' nota la distanza foro-disco pari a 0.15 m .
 $[349 \cdot 10^{-6} \text{ W}]$

Suggerimento: Si consideri la superficie della cavità molto maggiore di quella del foro.