

POLITECNICO DI MILANO
ESERCITAZIONI DI SISTEMI ENERGETICI PER INGEGNERIA FISICA
Allievi Fisici A.A. 2021/2022
Prof. Andrea Giostri

Scambio Termico: Conduzione

1. Una parete piana indefinita di un forno industriale ha una superficie complessiva $S = 15 \text{ m}^2$ ed è costituita da tre strati. L'interno del forno si trova alla temperatura $T_i = 900^\circ\text{C}$, mentre l'ambiente esterno si trova alla temperatura $T_e = 20^\circ\text{C}$. La parete affacciata all'interno del forno ha spessore $L_1 = 60 \text{ cm}$ ed è realizzata con mattoni refrattari con conduttività termica $K_1 = 3 \text{ W/mK}$; lo strato intermedio ha spessore $L_2 = 30 \text{ cm}$ ed è realizzata con materiale isolante avente conduttività termica $K_2 = 0.1 \text{ W/mK}$; la parete esterna ha spessore $L_3 = 2 \text{ cm}$ ed è realizzata in acciaio con conduttività termica $k_3 = 20 \text{ W/mK}$. Nell'ipotesi che la parete sia in condizioni stazionarie e che i coefficienti di scambio termico convettivo valgano $h_i = h_e = 10 \text{ W/m}^2\text{K}$:

- Determinare la resistenza termica complessiva della parete;
- Determinare la potenza termica trasmessa verso l'esterno;
- Rappresentare graficamente la distribuzione di temperatura nella parete;
- Determinare la massima temperatura nello strato isolante.

[Risultati: 0.227 K/W , 3880 W , 822.4°C]

2. Calcolare la potenza termica dissipata da un tubo di lunghezza $L = 1 \text{ m}$, raggio interno $r_i = 8 \text{ mm}$ e spessore $s_i = 2 \text{ mm}$, costituito da un materiale avente conducibilità termica $k_t = 29 \text{ W/mK}$ e rivestito con un isolante avente spessore $s_i = 10 \text{ mm}$ e conducibilità $k_i = 0,116 \text{ W/mK}$, sapendo che la temperatura della parete interna del tubo è costante e pari a 80°C e la temperatura della superficie esterna dell'isolante è costante e pari a 10°C . Determinare inoltre la temperatura all'interfaccia tubo-isolante.

[Risultati: $Q = 73.5 \text{ W}$; $T_{\text{interfaccia}} = 79.9^\circ\text{C}$]

3. Un conduttore elettrico lungo 5 m e di diametro pari a 3 mm è rivestito con una guaina di plastica dello spessore di 2 mm , la cui conducibilità termica è $k = 0.15 \text{ W/mK}$. La potenza dissipata nel conduttore è pari a 400 W per m^2 di superficie e il conduttore è immerso in aria a 30°C con coefficiente di convezione $h = 12 \text{ W/m}^2\text{K}$. a) Si determini la temperatura all'interfaccia tra conduttore e guaina di plastica in condizioni stazionarie. Si determini inoltre la temperatura massima raggiunta all'interno del conduttore ipotizzandolo di rame con una conducibilità termica di 390 W/mK . b) Ripetere il calcolo nel caso in cui lo spessore della guaina raddoppi.

[Risultato: a) $T_{\text{interfaccia}} = 47.67^\circ\text{C}$; $T_{\text{max}} \sim T_{\text{interfaccia}}$; b) $T_{\text{interfaccia}} = 44.28^\circ\text{C}$; $T_{\text{max}} \sim T_{\text{interfaccia}}$].

4. Una corrente di acqua liquida alla temperatura di 30°C investe una sfera di bronzo di diametro $D = 5 \text{ mm}$, inizialmente alla temperatura di 200°C . Sapendo che il coefficiente di scambio termico convettivo h tra acqua e sfera è pari a $1000 \text{ W/m}^2\text{K}$, che il bronzo ha rispettivamente densità 8800 kg/m^3 , conducibilità termica 52 W/mK , calore specifico 420 J/kg K , calcolare la temperatura della sfera dopo 15 s .

[Risultati: $Bi = 0.016$; per $\Delta t = 15 \text{ s}$ $T = 31.3^\circ\text{C}$]

5. Una massa di ghiaccio a temperatura $T = 0^{\circ}\text{C}$ riempie lo spazio a disposizione all'interno di una cavità cubica di lato 200 mm (la parete della cavità ha spessore 1 mm e conducibilità termica pari a 0.05 W/mK). La superficie esterna del cubo si trova alla temperatura di 20°C . Calcolare il tempo necessario per il completo scioglimento del ghiaccio, sapendo che la densità del ghiaccio è pari a 920 kg/m^3 e il calore di fusione del ghiaccio è pari a 334 kJ/kg .

[Risultati: $t=9938.45 \text{ s}$]

Esercizio addizionale

6. Un locale a pianta quadrata ha una finestra con una superficie S_f pari a 1.6 m^2 e una superficie in muratura complessiva S_m pari a 39 m^2 . La temperatura all'interno del locale è pari a 20°C e la temperatura esterna, a cui è esposta la sola parete con finestra, è di -5°C . Si deve decidere se per la finestra adottare doppi vetri montati su un unico telaio, oppure una doppia finestra. Nel primo caso le due lastre di vetro, identiche, di spessore pari a 5 mm, sono distanti tra loro 1 cm, e lo strato di aria interposto può considerarsi fermo; nel secondo caso, le due lastre sono distanti 20 cm, e lo strato di aria interposto NON può considerarsi fermo. È infine noto che la superficie in muratura è formata da tre strati, così caratterizzati:

	Spessore [cm]	Conducibilità termica [W/mK]
Mattoni	30	0.065
Isolante	2	0.04
Rivestimento interno	3	0.8

Per la risoluzione si considerino: conducibilità termica vetro $k_v = 1.28 \text{ W/mK}$; conducibilità termica aria $k_a = 0.0236 \text{ W/mK}$; coefficiente di convezione aria: all'interno $8 \text{ W/m}^2\text{K}$; all'esterno $23 \text{ W/m}^2\text{K}$; nell'intercapedine $14 \text{ W/m}^2\text{K}$

- Determinare quale sia la scelta più conveniente in termini di risparmio energetico per la finestra
- Per il caso prescelto calcolare la potenza termica trasmessa attraverso la parete.

[Risultati: Caso A – Finestra con doppi vetri]