

Soluzioni multidimensionali (rif. Capitolo 8)**agg.: 05/09/2011**

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

Es. A.1 – Occorre misurare la temperatura di una corrente di gas. Allo scopo si utilizza una termocoppia che può essere assimilata ad una sfera ($k = 20 \text{ W/(m K)}$, $c = 400 \text{ J/(kg K)}$, $\rho = 8400 \text{ kg/m}^3$). Sapendo che il coefficiente di convezione è pari a $400 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$, si vuol determinare il diametro della sfera affinché la termocoppia presenti una costante di tempo pari ad 1 secondo. Se la termocoppia, inizialmente a 20°C , è immersa in una corrente a 200°C , quanto tempo impiegherà per pervenire a 190°C ? E a 199.9°C ? Rispondere a queste ultime due domande ipotizzando di impiegare una termocoppia con le stesse proprietà, ma diametro pari al triplo di quello calcolato.

[0.71 mm, 2.89 s, 7.49 s, 8.7 s, 22.5 s]

Es. A.2 – Si vuol stimare il tempo necessario affinché una sfera di acciaio ($k = 40 \text{ W/(m K)}$, $c = 600 \text{ J/(kg K)}$, $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$) del diametro di 14 mm sia raffreddata a 100°C a partire da 800°C . Allo scopo si utilizza una camera termostata a 50°C in cui il coefficiente di adduzione è stimato essere $40 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$.

[739 s]

Es. A.3 – Si vuol raffreddare una sfera di acciaio ($k = 40 \text{ W/(m K)}$, $c = 600 \text{ J/(kg K)}$, $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$) del diametro di 200 mm fino alla temperatura di 140°C a partire da 400°C . La sfera è immersa in un bagno d'olio a 100°C e per cui $h = 3300 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$. Una guaina isolante ($k = 0.04 \text{ W/(m K)}$) di 2 mm di spessore riveste la sfera. Sapendo che la densità della guaina è trascurabile rispetto a quella della sfera, calcolare il tempo necessario al raffreddamento.

[4 h : 24 min]

Suggerimento: la guaina, avendo densità trascurabile non presenta inerzia termica cioè assume istantaneamente i valori di temperatura all'interfaccia con il metallo; ne consegue che la presenza della guaina ha solo effetto resistivo cioè concorre a rallentare il flusso tra sfera e aria. La resistenza della guaina è in serie con quella convettiva.

Es. A.4 – La piastra di un ferro da stiro (spessore di 7 mm, area frontale 0.04 m^2) è in lega d'alluminio ($k = 180 \text{ W/(m K)}$, $c = 900 \text{ J/(kg K)}$, $\rho = 2800 \text{ kg/m}^3$). La piastra è riscaldata elettricamente sulla faccia interna così che si può assumere un flusso di 10^4 W/m^2 , mentre l'altra faccia è raffreddata da aria ambiente a 25°C e con un coefficiente di adduzione assunto pari a $20 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$. Determinare il tempo richiesto perché la piastra si porti da 25°C a 135°C .

[220 s]

Suggerimento: verificata l'applicabilità del modello a parametri concentrati, si può stabilire il bilancio globale dell'energia tenendo conto che una faccia della piastra è riscaldata dalla condizione di flusso imposto mentre l'altra è raffreddata per la c.c. di III tipo. Ciò da luogo ad una equazione differenziale ordinaria di ordine 1 non omogenea facilmente integrabile (avendo linearizzato ed incorporato il termine radiativo in quello adduttivo).

Es. B.1 – Un cilindro di acciaio ($k = 14.9 \text{ W/(m K)}$, $c = 480 \text{ J/(kg K)}$, $\rho = 7900 \text{ kg/m}^3$) avente dimensioni $d = 20 \text{ cm}$ e $L = 3 \text{ m}$, è tolto da un forno a 600°C e, per favorirne il lento raffreddamento, è collocato in una camera a 200°C ove $h = 80 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$. Determinare la temperatura sull'asse e sulla parete del cilindro dopo 1 ora. Determinare la quantità di calore ceduta nello stesso intervallo di tempo.

[0.71 mm, 2.89 s, 7.49 s, 8.7 s, 22.5 s]

Es. C.1 – Occorre stabilire la profondità minima di interrimento di una condotta d'acqua così che se ne eviti il congelamento. Allo scopo si ipotizzino le condizioni più gravose, che prevedono il terreno, inizialmente a 15°C , soggetto a condizioni in superficie supposte pari a -15°C per 30 giorni. A quale profondità si realizza una temperatura di 0°C ? Si supponga per il terreno: $\rho = 2000 \text{ kg/m}^3$, $k = 0.54 \text{ W/(mK)}$, $c = 1800 \text{ J/(kg K)}$.

[0.6 m]