

Cognome	Nome	Matricola
---------------	------------	-----------------

Ing. Navale, Ing. Civile e Ambientale

Prova scritta di Fisica Tecnica – Trasmissione del calore – 23.1.2026

Esercizio

In un processo di stampaggio, un oggetto di alluminio (massa $m = 1$ kg, densità $\rho = 2700$ kg/m³, superficie esterna $A = 0.1$ m², conduttività termica $\lambda_{all} = 200$ W/(m · K), calore specifico $c = 900$ J/(kg · K)) alla temperatura iniziale T_i viene raffreddato da un flusso d'aria a temperatura $T_\infty = 40$ °C e velocità u_∞ (conduttività termica $\lambda_{aria} = 0.025$ W/(m · K), viscosità cinematica $\nu = 1.5 \cdot 10^{-5}$ m²/s, numero di Prandtl $Pr = 0.7$).

Calcolare la velocità u_∞ del flusso d'aria affinché l'oggetto raggiunga la temperatura finale $T_f = 60$ °C in $t_f = 10$ minuti, attraverso il metodo delle capacità concentrate, calcolando nell'ordine:

1. costante di tempo (o tempo caratteristico) τ_t e coefficiente convettivo h
2. lunghezza caratteristica L_c , numero di Biot Bi e conseguente validità (o meno) del metodo delle capacità concentrate
3. numero di Nusselt $\overline{Nu}_L$ basato sulla lunghezza di riferimento $L = 6L_c$
4. numero di Reynolds Re_L dalla seguente correlazione:

$$\overline{Nu}_L = 0.2 Re_L^{0.6} Pr^{1/3}$$

5. velocità u_∞ del flusso d'aria

Tema	T_i [°C]
A	200
B	300

Teoria

Nel caso di scambio termico per irraggiamento:

- definire il fattore di vista F_{ij}
- ricavare la potenza termica netta $\dot{Q}_{ij}$ scambiata tra due superfici nere, noto il fattore di vista, le loro temperature e le aree. Mostrare quindi che forma assume la corrispondente resistenza spaziale (o geometrica) alla radiazione.

Soluzione

1. Tempo caratteristico del metodo delle capacità concentrate:

$$\tau_t = \frac{m \cdot c}{h \cdot A} = - \frac{t_f}{\log \frac{T_f - T_\infty}{T_i - T_\infty}}$$

da cui il coefficiente convettivo $h = \frac{m \cdot c}{\tau_t \cdot A}$

2. Lunghezza caratteristica $L_c = \frac{V}{A} = 3.7 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ ($V = \frac{m}{\rho} = 3.7 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$) e numero di Biot $Bi = \frac{h \cdot L_c}{\lambda_{all}}$ verificando che sia sufficientemente piccolo

3. Calcolo esplicito di $\overline{Nu}_L$ in base alla lunghezza $L = 6L_c$:

$$\overline{Nu}_L = \frac{h \cdot L}{\lambda_{aria}}$$

4. Dalla correlazione data si ottiene:

$$Re_L = \left(\frac{\overline{Nu}_L}{0.2 \cdot Pr^{1/3}} \right)^{1/0.6}$$

5. Velocità u_∞ dal numero di Reynolds:

$$u_\infty = \frac{Re_D \cdot \nu}{L}$$

Tema	$\tau_t [s]$	$h \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$	Bi	$\overline{Nu}_L$	Re	$u_\infty [m/s]$
A	289	31.2	$6 \cdot 10^{-4}$	27.7	4527	3.1
B	234	38.5	$7 \cdot 10^{-4}$	34.2	6422	4.3