



POLITECNICO
MILANO 1863

Esercitazione 09 - Convezione

Esercizio 05 ([link registrazione](#))

Corso di Fisica Tecnica
a.a. 2019-2020

Prof. Gaël R. Guédon
Dipartimento di Energia, Politecnico di Milano

9.5. *[intermedio]* Si consideri una lastra piana sottile di superficie $0.6 \times 0.6 \text{ m}^2$ in un ambiente a 30°C . Una superficie della piastra è mantenuta a 90°C mentre l'altra è isolata. Si determini la potenza termica trasmessa nel caso di lastra verticale e nel caso di lastra orizzontale con superficie calda rivolta verso l'alto. Per la valutazione del coefficiente convettivo, nel caso di lastra verticale, si utilizzino le seguenti correlazioni:

$$Nu = 0.59 \cdot Ra^{1/4} \quad \text{moto laminare (} Ra = 10^4 \div 10^9 \text{)}$$

$$Nu = 0.1 \cdot Ra^{1/3} \quad \text{moto turbolento (} Ra = 10^9 \div 10^{13} \text{)}$$

Per la valutazione del coefficiente convettivo, nel caso di lastra orizzontale, si utilizzino le seguenti correlazioni:

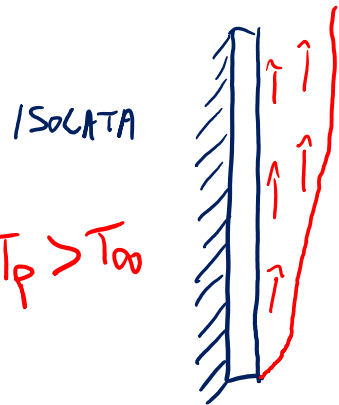
$$Nu = 0.54 \cdot Ra^{1/4} \quad \text{moto laminare (} Ra = 10^4 \div 10^7 \text{)}$$

$$Nu = 0.15 \cdot Ra^{1/3} \quad \text{moto turbolento (} Ra = 10^7 \div 10^{11} \text{)}$$

$$[\dot{Q}_1 = 98.7 \text{ W}; \dot{Q}_2 = 138.2 \text{ W}]$$

Esercizio 05

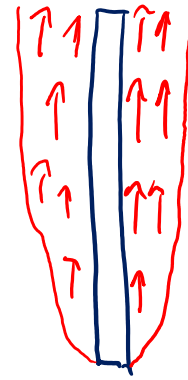
CASO 1 PIASTRA VERTICALE



$$S = WH$$



$$S = WH$$



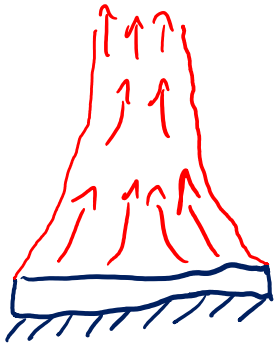
$$S = 2WH$$



$$S = 2WH$$

Determinazione di h uguale
nei vari casi

CASO 2 Piastra orizzontale



$$T_p > T_{\infty}$$

$$S = WL$$

W : larghezza
 L : lunghezza



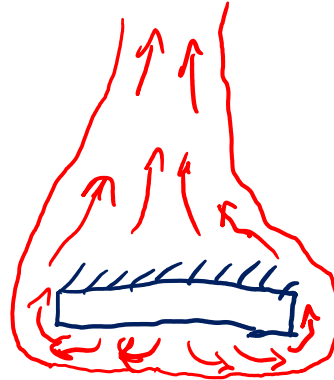
$$T_p < T_{\infty}$$

$$S = WL$$

lastra rettangolare



$$\lambda = \frac{\text{Area}}{\text{Perimetro}} = \frac{WL}{2(W+L)}$$



$$T_p > T_{\infty}$$

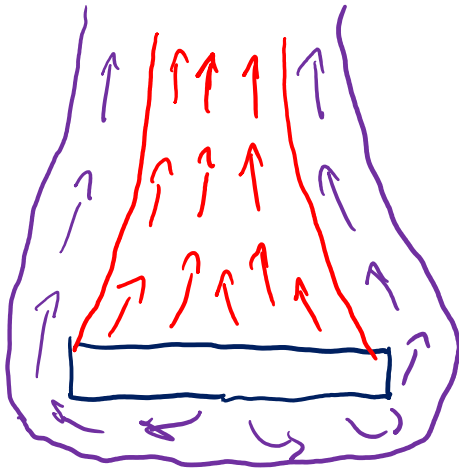
$$S = WL$$



$$T_p < T_{\infty}$$

$$S = WL$$

Esempio caso con due lati caldi

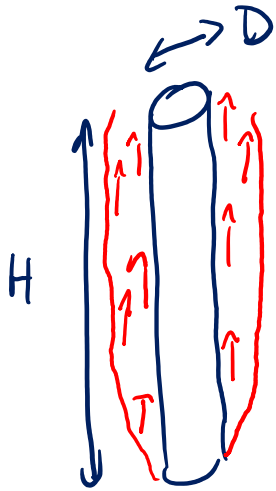


\Rightarrow INTERRAZIONI TRASCURATE

h_{sup} come primo caso
 h_{inf} come terzo caso

CASO 3

CILINDRO VERTICALE

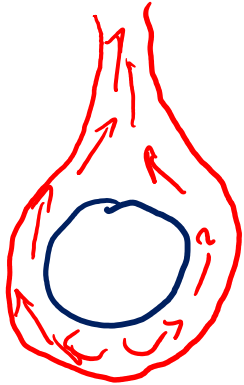


COME LASTRA VERTICALE

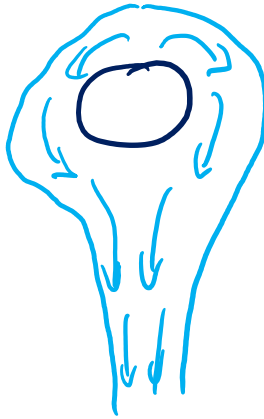
$$\text{SE } D \geq \frac{35 H}{Gr^{1/4}}$$

$$T_p > T_\infty$$

CASO 4 CILINDRO ORIZZONTALE

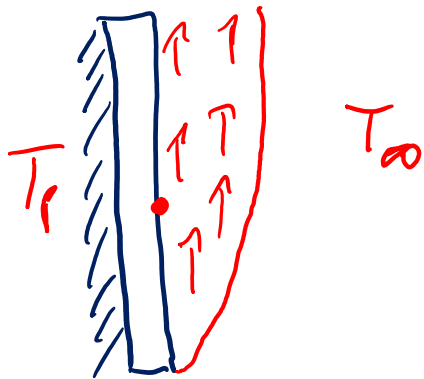


$$T_p > T_\infty$$



$$T_p < T_\infty$$

Esercizio 05

CASO LASTRA VERTICALE

$$T_p = 90^\circ\text{C}$$

$$T_\infty = 30^\circ\text{C}$$

$$W = 0,6 \text{ m}$$

$$H = 0,6 \text{ m}$$

Devo valutare le proprietà del fluido alla temperatura di film

$$T_f = \frac{T_p + T_\infty}{2} = \frac{90 + 30}{2} = 60^\circ\text{C}$$

$$\rho = 1,06 \text{ kg/m}^3$$

$$c_p = 1007 \text{ J/kg K}$$

$$\nu \cdot 10^5 = 1,99 \text{ kg/m}^3$$

$$\nu = 1,99 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$$

$$k = 0,0278 \text{ W/mK}$$

$$Pr = 0,720$$

$$\rho^2 g \beta / \nu^2 \cdot 10^{-8} = 0,8352 \text{ 1/m}^3\text{K}$$

$$Ra = Gr Pr$$

$$Gr = \frac{\rho^2 g \beta \Delta T \lambda^3}{\mu^2}$$

$$\rightarrow 0,8352 \times 10^8$$

$$\Delta T = T_p - T_a = 90 - 30 = 60 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda = H$$

$$Gr = 0,8352 \times 10^8 \times 60 \times 0,6^3 = 1,08 \times 10^9$$

$$Ra = Gr Pr = 7,78 \times 10^8$$

$$10^4 < Ra < 10^9 \Rightarrow \text{MOTO LAMINARE}$$

$$Nu = 0,59 Ra^{1/4} = 98,6$$

$$Nu = \frac{h \lambda}{k_f} \Rightarrow h = \frac{Nu k_f}{H} = \frac{98,6 \times 0,0278}{0,6}$$

$$h = 4,57 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\dot{Q} = h S (T_p - T_\infty) = 4,57 \times 0,6 \times 0,6 (90 - 30)$$

$$\dot{Q} = \underline{98,7 \text{ W}}$$

Esercizio 05

CASO PIASTRA ORIZZONTALE



$$T_p > T_{\infty}$$

$$\lambda = \frac{\text{AREA}}{\text{PERIMETRO}} = \frac{wL}{2(w+L)} = \frac{0,6 \times 0,6}{2(0,6+0,6)} = 0,15 \text{ m}$$

$$Gr = \frac{e^2 g \beta \Delta T \lambda^3}{\nu^2} = 0,8352 \times 60 \times 0,15^3 = 1,69 \times 10^7$$

$$Ra = 1,22 \times 10^7$$

$$10^7 < Ra < 10^{11} \Rightarrow \text{MOTO TURBOLENTO}$$

$$Nu = 0,15 Ra^{1/3} = 34,51$$

$$h = \frac{Nu k_f}{\lambda} = 6,4 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$\dot{Q} = h S (T_p - T_\infty) = 6,4 \times 0,6 \times 0,6 \times (90 - 30)$$

$$\dot{Q} = \underline{138,2 \text{ W}}$$