Ing. Nicola Forgione

RELAZIONI FONDAMENTALI DI TRASMISSIONE DEL CALORE

CONDUZIONE	Legge di Fourier	$Q = -\lambda\, A\left(\vec{\nabla} T \circ \hat{n}\right)$	• λ è la conducibilità termica del materiale. • Per i gas: $\lambda \cong 0.01 - 0.05\ \mathrm{W/(m\,K)}$. • Per i liquidi non met.: $\lambda \cong 0.05 - 1\ \mathrm{W/(m\,K)}$. • Per i solidi met.: $\lambda \cong 14 - 420\ \mathrm{W/(m\,K)}$.
	Equazione di Fourier	$\dfrac{\partial T(\vec{r},t)}{\partial t} = \dfrac{\lambda}{\rho\, c_p} \nabla^2\, T(\vec{r},t)$	• Nel caso di conduzione monodimensionale l'operatore di Laplace è: ♦ coord. cartesiane: $\nabla^2\, T = \dfrac{d^2 T}{d\,x^2}$; ♦ coord. cilindriche: $\nabla^2\, T = \dfrac{1}{r}\dfrac{d}{d\,r}\left(r \dfrac{d\,T}{d\,r}\right)$; ♦ coord. sferiche: $\nabla^2\, T = \dfrac{1}{r^2}\dfrac{d}{d\,r}\left(r^2 \dfrac{d\,T}{d\,r}\right)$.
	Formulazione a parametri concentrati	$\dfrac{T(t) - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = e^{-t/\tau}, \qquad \tau = \dfrac{m\, c_p}{\alpha\, A}$	• E' applicabile quando: $Bi \equiv \dfrac{\alpha\, L_c}{\lambda} < 0.1$.
	Conduzione multidimensionale stazionaria	$Q = \lambda\, S\,(T_1 - T_2)$	• Un problema di conduzione bi o tridimensionale, quando coinvolge lo scambio termico tra due superfici a temperatura costante, può essere ricondotto ad un problema monodimensionale pur di utilizzare il ***fattore di forma conduttivo*** *S*.
IRRAGGIAMENTO	Legge di Stefan-Boltzmann	$E_n(T) = \sigma\, T^4$	• Il **potere emissivo del corpo nero** è proporzionale alla quarta potenza della temperatura superficiale. La costante di proporzionalità è la **costante di Stefan-Boltzmann**: $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8}\ \mathrm{W/(m^2\,K^4)}$.
	Piccolo corpo all'interno di una grande cavità	$Q = \sigma\, A_1\, \varepsilon_1 \left(T_1^4 - T_2^4\right)$	• Potenza termica scambiata per irraggiamento da un piccolo corpo di area A_1, emissività ε_1 e temperatura T_1 posto all'interno di una grande cavità le cui pareti sono a temperatura T_2.
CONVEZIONE	Legge di Newton	$Q = \alpha\, A\,(T_s - T_\infty)$	• α si determina utilizzando l'apposita correlazione di scambio termico per convezione: ♦ $Nu = f(Re,\, Pr)$ per convezione forzata; ♦ $Nu = f(Gr,\, Pr)$ per convezione libera. • $Nu \equiv \dfrac{\alpha\, L}{k}$, $Re \equiv \dfrac{\rho\, u\, L}{\mu}$, $Pr \equiv \dfrac{c_p\, \mu}{\lambda}$, $Gr \equiv \dfrac{g\, \beta\, \Delta T\, L^3}{\nu^2}$.
	Correlazione di Colburn	$Nu = 0.023\, Re^{0.8}\, Pr^{1/3}$	• Valida per convezione forzata all'interno di tubi nel caso di flusso turbolento pienamente sviluppato.
	Correlazione di Mc Adams	$\overline{Nu} = 0.13\, Ra^{1/3}$	• Valida per convezione naturale su superficie piana o cilindrica verticale nel caso di flusso turbolento pienamente sviluppato.
SCAMBIATORI DI CALORE	Metodo LMTD	$Q = U\, A\, \Delta T_{LM}\, F$ $A = \dfrac{Q}{U\, \Delta T_{LM}\, F}$	• Il **fattore di correzione** *F* serve per ottenere l'effettiva differenza media logaritmica di temperatura in scambiatori che non siano in equicorrente o controcorrente (per questi *F*=1).
	Metodo ε-NUT	$Q = \varepsilon\, Q_{\max} = \varepsilon\, C_{\min}\left(T_{c,i} - T_{f,i}\right)$ $A = NUT\, \dfrac{C_{\min}}{U}$	• L'**efficienza** ε è una funzione del numero di unità di trasmissione del calore e del rapporto tra le capacità termiche orarie: $\varepsilon = f(NUT, C_{\min}/C_{\max})$, $\quad NUT = \dfrac{U\, A}{C_{\min}}$.