

Prova scritta di Fisica Tecnica II – 12.07.2005
(Nuovo Ordinamento - Ing. Meccanica)

.....
NOME e COGNOME

.....
CORSO di LAUREA

.....
Voto/i

Esercizio

Dell'acqua alla temperatura $t_{m,i}$ entra, alla velocità U , in un tubo di rame, avente diametro interno D e spessore trascurabile. La tubazione si trova in un ambiente nel quale l'aria è a temperatura t_∞ , e lo scambio termico, fra la tubazione e l'ambiente, è caratterizzato da un coefficiente convettivo h_e .

Determinare la lunghezza L della tubazione che da luogo ad una caduta di temperatura dell'acqua pari a Δt .

Note:

- Per valutare il coefficiente di scambio termico convettivo dell'acqua all'interno del tubo, si utilizzi, giustificando, la correlazione di Dittus-Boelter:

$$Nu_D = 0.023 Re_D^{4/5} Pr^n \quad \text{valida per : } 0.7 \leq Pr \leq 160; \quad L/D \geq 10; \quad Re_D \geq 10^4$$

dove L e D rappresentano, rispettivamente, la lunghezza ed il diametro della tubazione, le proprietà termodinamiche vanno valutate alla temperatura media t_m , e l'esponente n assume i valori:

$$n = 0.4 \quad \text{nel caso di riscaldamento} \quad (t_s > t_m)$$

$$n = 0.3 \quad \text{nel caso di raffreddamento} \quad (t_s < t_m)$$

- Per le proprietà termodinamiche dell'acqua si faccia uso della tabella allegata.

TEMA	$t_{m,i}$ [°C]	t_∞ [°C]	U [m/s]	D [cm]	h_e [W/(m ² K)]	Δt [°C]
A	80	16	3.5	8	14	1
B	70	20	3	5	10	1

Soluzione

La temperatura media alla quale valutare le proprietà termofisiche è:

$$\bar{t}_m = \frac{t_{m,i} + t_{m,o}}{2}$$

Le proprietà termofisiche vanno ricavate (interpolate se necessario) dalla tabella allegata.

$$\text{Re}_D = \frac{U D}{\nu}$$

$$\text{Nu}_D = \frac{h D}{k} = 0.023 \text{Re}_D^{4/5} \text{Pr}^{0.3}$$

$$h = \frac{k \text{Nu}_D}{D}$$

Dalla:

$$\frac{\Delta T_o}{\Delta T_i} = \frac{t_\infty - t_{m,o}}{t_\infty - t_{m,i}} = \exp\left(-\frac{P L}{\dot{m} c} U\right)$$

otteniamo:

$$L = -\frac{\dot{m} c}{U P} \ln\left(\frac{t_\infty - t_{m,o}}{t_\infty - t_{m,i}}\right)$$

dove

$$U = \frac{1}{R_{tot} A} = \frac{1}{\frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e}}$$

Tema A	Tema B
$\bar{t}_m = 80.5 \text{ }^\circ\text{C} \approx 80 \text{ }^\circ\text{C}$ $\text{Re}_D = 7.76 \times 10^5$ $\text{Nu}_D = 1501$ $h_i = 12.6 \times 10^3 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ $U = 13.98 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) \approx h_e$ $\dot{m} = 17.1 \text{ kg/s}$ $L = 322 \text{ m}$	$\bar{t}_m = 70.5 \text{ }^\circ\text{C} \approx 70 \text{ }^\circ\text{C}$ $\text{Re}_D = 3.66 \times 10^5$ $\text{Nu}_D = 857$ $h_i = 11.2 \times 10^3 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ $U = 9.99 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K}) \approx h_e$ $\dot{m} = 5.76 \text{ kg/s}$ $L = 312 \text{ m}$
Osservazione La limitata caduta di temperatura, pur con lunghezze elevate della tubazione, è dovuta al modesto valore del coefficiente di scambio termico esterno.	