

Prof. L. Araneo. Prova di Fisica Tecnica del 6 Luglio 2010. Lecco, IPI 7 Cr, parte seconda

E' consentito l'uso di: -calcolatrice, -tavole termodinamiche, un -formulario (1 pagina A4)

Disponibili: tabelle vapore, aria e varie sostanze

Potete trattenere il testo dell'esame.

Consegnare:  foglio grafici,  svolgimento,  formulario.

Segnare il Cognome+Nome su OGNI foglio consegnato.

Specificare le ipotesi, convenzioni, semplificazioni adottate.

I risultati privi di sufficiente svolgimento/spiegazione non sono ritenuti validi.

11) Le pareti di una roulotte (approssimabile ad un parallelepipedo di m 2x2x3.5) sono costituite da uno strato esterno in alluminio ( $s=1.52\text{mm}$ ,  $\lambda=220\text{ W/m.K}$ ), uno strato di poliuretano espanso ( $s=5\text{ cm}$ ,  $\lambda=0.03\text{ W/m.K}$ ), uno strato interno di legno ( $s=3\text{mm}$ ,  $\lambda=0.12\text{ W/m.K}$ ). Dovendo mantenere la  $T_{\text{int}}=20^\circ\text{C}$ , con  $T_{\text{est}}=-5^\circ\text{C}$ , determinare la potenza termica dissipata. Dati:  $h_{\text{esterno}}=20\text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $h_{\text{interno}}=5\text{ W/m}^2\text{K}$ . Disegnare il profilo di temperatura attraverso la parete calcolando i valori intermedi.

12) Il cioccolato alla temperatura di  $50^\circ\text{C}$  viene colato in forma di tavolette da 180 grammi spesse 1 cm. Le tavolette vengono esposte all'aria ambiente alla velocità di 10 m/s, affinché scendano ovunque sotto i  $25^\circ\text{C}$  per essere estratte. Determinare dopo quanto tempo è possibile estrarle per le successive lavorazioni. Dati: per il cioccolato usare le stesse caratteristiche di densità e conducibilità dell'acqua.

Correlazioni suggerite per Re-Nu su lastre piane:

$$\text{lastra piana, } Re < 500'000 \quad Nu = 0.664 Re^{1/2} Pr^{1/3}$$

$$\text{lastra piana*}, Re > 500'000 \quad Nu = 0.037 Re^{4/5} Pr^{1/3} \quad (0.6 < Pr < 60, 5 \cdot 10^5 < Re < 10^7)$$

$$\text{lastra piana**}, Re > 500'000 \quad Nu = (0.037 Re^{4/5} - 871) Pr^{1/3} \quad (0.6 < Pr < 60, 5 \cdot 10^5 < Re < 10^7)$$

13) Una barra di acciaio ( $\rho = 7850\text{ kg/m}^3$ ,  $\lambda_{\text{acc}} = 60\text{ W/m.K}$ ,  $c_p = 434\text{ J/kgK}$ ) avente  $D=3\text{ cm}$  e lunga vari metri ha un'estremità mantenuta a  $200^\circ\text{C}$ , ed il resto è esposto all'aria ambiente avente velocità di 5 m/s. Determinare a quale distanza può essere afferrata senza scottarsi.

Correlazioni suggerite per Re-Nu attorno a cilindri: 5

Campo Re	Nu=
0.4÷4	$0.989 Re^{0.330} Pr^{1/3}$
4÷40	$0.911 Re^{0.385} Pr^{1/3}$
40÷4'000	$0.683 Re^{0.466} Pr^{1/3}$
4'000÷40'000	$0.193 Re^{0.618} Pr^{1/3}$
40'000÷400'000	$0.027 Re^{0.805} Pr^{1/3}$

14) Dato un contenitore a forma di parallelepipedo con base quadrata e altezza pari a un terzo del lato di base, determinare quanti sono i fattori di vista tra le varie superfici che si vedono internamente ed i valori.

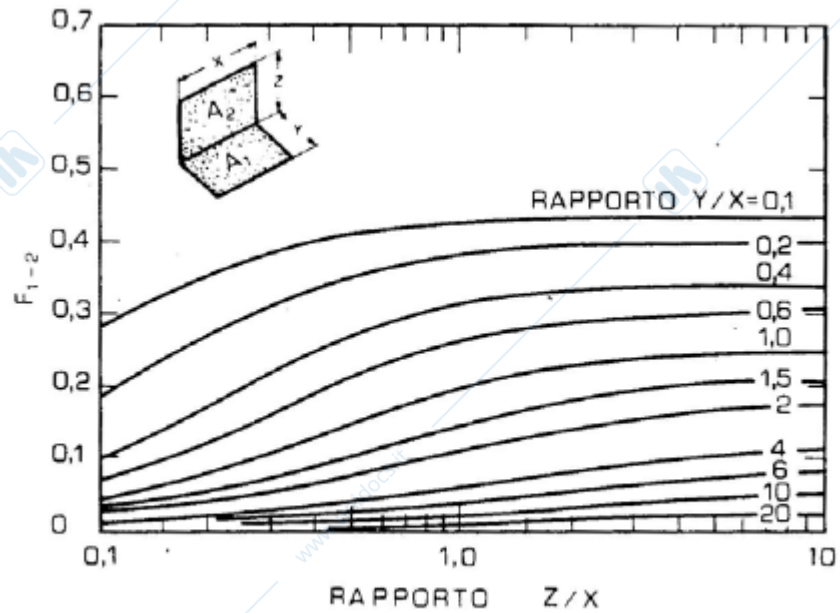
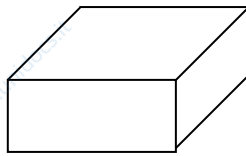


Figura 12.12. Fattore di vista per superfici rettangolari adiacenti

15) Un radiatore di automobile schematizzabile come uno scambiatore in equicorrente deve smaltire 100 kW dall'acqua del radiatore abbassandone la temperatura da 100° a 80C. L'aria entra a 40°C ed esce a 75°C. Il coefficiente di scambio totale sia  $h_{TOT} = 22 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Determinare le portate dei due fluidi, il  $\Delta T_{ML}$  di scambio termico, la superficie di scambio. Disegnare lo schema dei profili di temperatura.

Prof. L. Araneo. Prova di Fisica Tecnica del 6 Luglio 2010. Lecco, IPI 7 Cr, parte seconda

E' consentito l'uso di: -calcolatrice, -tavole termodinamiche, un -formulario (1 pagina A4)

Disponibili: tabelle vapore, aria e varie sostanze

Potete trattenere il testo dell'esame.

Consegnare:  foglio grafici,  svolgimento,  formulario.

Segnare il Cognome+Nome su OGNI foglio consegnato.

Specificare le ipotesi, convenzioni, semplificazioni adottate.

I risultati privi di sufficiente svolgimento/spiegazione non sono ritenuti validi.

8 = 14) Dato un contenitore a forma di parallelepipedo con base quadrata e altezza pari a metà del lato di base, determinare quanti sono i fattori di vista tra le varie superfici che si vedono internamente ed i valori.

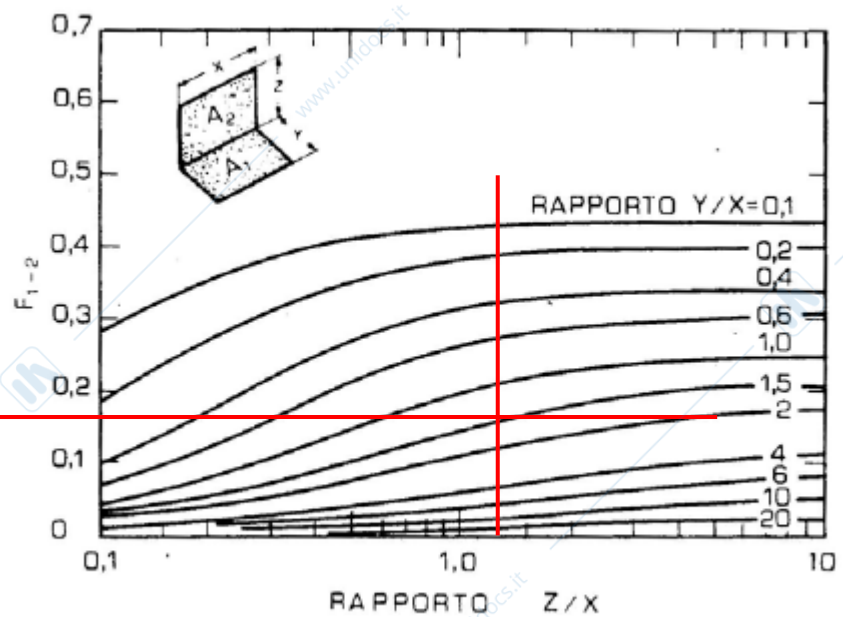
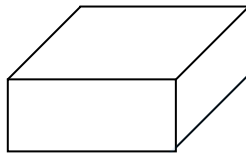
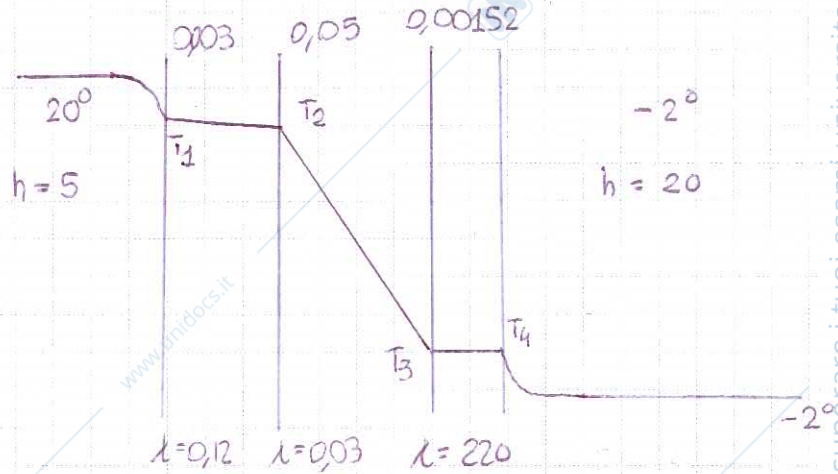
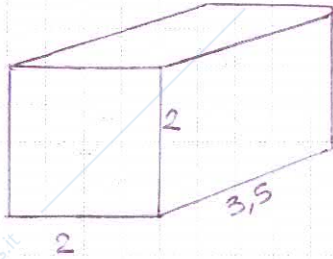


Figura 12.12. Fattore di vista per superfici rettangolari adiacenti

31)



$\dot{Q} = ?$

ipotesi = tratto ciascuna parete come parete piana indefinita  
soluzione in condizioni stazionarie

$$R_{\text{aria interna}} = \frac{1}{hA} = \text{pongo } A = 1 \text{ m}^2 = \frac{1}{5} \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{legno}} = \frac{l}{\lambda A} = \frac{0,003}{0,12} = 0,025 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{isolante}} = \frac{l}{\lambda A} = \frac{0,05}{0,03} = 1,667 \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{Al}} = \frac{0,00152}{220} = 6,9 \cdot 10^{-6} \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

$$R_{\text{aria esterna}} = \frac{1}{hA} = \frac{1}{20} \frac{\text{K}}{\text{W}}$$

$$\dot{Q} \text{ per unit\`a di area} = \frac{\Delta T_{\text{TOT}}}{R_{\text{TOT}}} = \frac{22}{1,942} = 11,33 \text{ W/m}^2$$

$$\text{la superficie di scambio termico \textit{e}} \quad 2 \cdot (2 \cdot 2) + 4 \cdot (3,5) \cdot 2 =$$

$$36 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow \dot{Q} = 11,33 \cdot 36 = 407,88 \text{ W}$$

$$\Delta T_{\text{aria interna}} - \text{legno} = \dot{Q} R_{\text{aria int}} = 11,33 \cdot \frac{1}{5} = 2,266$$

$$T_1 = 17,734$$

$$\Delta T_{\text{legno}} - \text{isolante} = \dot{Q} \cdot R_{\text{legno}} = 11,33 \cdot 0,025 = 0,28325$$

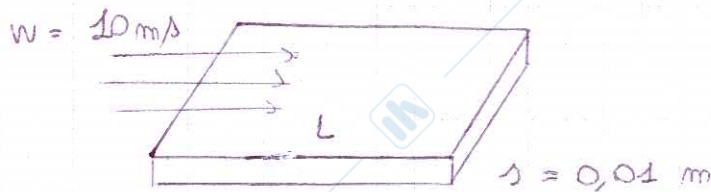
$$T_2 = 17,4508$$

$$\Delta T_{\text{isolante}} - \text{Al} = \dot{Q} \cdot R_{\text{isolante}} = 11,33 \cdot 1,667 = 18,89$$

$$T_3 = -1,4363$$

$$\Delta T_{\text{Al}} = \dot{Q} \cdot R_{\text{Al}} = 11,33 \cdot 6,9 \cdot 10^{-6} = \sim 0 \quad T_4 = T_3$$

32)



- ipotesi =
- pongo la lunghezza  $L = 0,2 \text{ m}$  l'altra dimensione è conseguentemente determinata  $\rightarrow = 0,125 \text{ m}$
  - pongo  $T_{\text{ambiente}} = 20^\circ$
  - h omogeneo ovunque
  - l'aria scorre su un solo lato

$$Bi = \frac{hL_c}{\lambda}$$

$$T = 50^\circ = 323 \text{ K} \quad \rightarrow \quad \lambda = 0,6403$$

$$= \frac{h \cdot 0,01}{0,6403}$$

devo prima determinare h

$$T_{\text{film}} = \frac{50 + 20}{2} = 35^\circ \quad \rightarrow = 308 \text{ K}$$

le proprietà dell'aria a questa T sono

$$\rho_{\text{aria}} = 1,1362 \text{ kg/m}^3 \quad c_p = 1006 \frac{\text{J}}{\text{m}^3 \text{K}} \quad \lambda = 0,0266 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{K}}$$

$$\mu = 1,89 \cdot 10^{-5}$$

 $\frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$ 

$$Pr = 0,711$$

$$Re = \frac{\rho w L}{\mu} = \frac{1,1362 \cdot 10 \cdot 0,2}{1,89 \cdot 10^{-5}} = 120\,232 \Rightarrow \text{flusso laminare}$$

$$Nu = 0,564 Re^{0,5} Pr^{1/3} = 205,5 \quad Nu = \frac{hL}{\lambda} \Rightarrow h = 27,33 \checkmark$$

allora  $Bi = \frac{hL_c}{\lambda} = \frac{27,33 \cdot 0,01}{0,6403} = 0,4268 > 0,1$  mm è un caso a parametro con dim. tratti

ipotesi allora  $Fo = \tau > 0,2$

$$Bi = 0,4268 \quad \text{da tabella} \quad \lambda_1 = 0,6093 \quad A_1 = 1,0612$$

la parte della lastra che si raffredderà per ultima è il fondo.

$$\theta(0,01; t) = A_1 e^{-(\lambda_1)^2 \tau} \cdot \cos\left(\lambda_1 \cdot \frac{x}{L}\right)$$

$$= 1,0612 \cdot e^{-(0,6093)^2 \cdot \tau} \cdot \cos(0,6093)$$

$L = 0,01 \text{ m}$

$$\theta(0,01; t) = 1,0612 \cdot e^{-0,3712 \tau} \cdot 0,8200$$

$$\theta(0,01, t) = \frac{T_{x,t} - T_{\infty}}{T_x - T_{\infty}} = \frac{25 - 20}{50 - 20} = 0,16667$$

$$0,1915 = e^{-0,3712 \tau}$$

$$-1,6527 = -0,3712 \tau$$

$$\tau = 4,45, \text{ effettivamente } \tau > 0,2.$$

$$\tau = \frac{\alpha t}{L_c^2}$$

$$t = \tau \cdot L_c^2 / \alpha = 4,45 \cdot 0,01^2 / 1,56 \cdot 10^{-7} = 2891 \text{ s}$$

$$= 48,18 \text{ min}$$

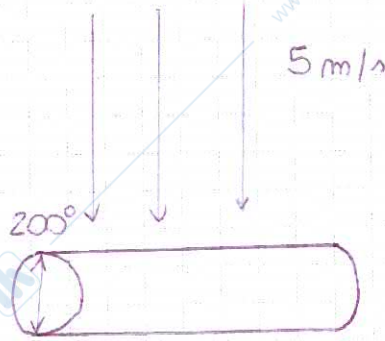
33)

Airata

$$\rho = 7850 \text{ Kg/m}^3$$

$$\lambda = 60 \text{ W/mK}$$

$$c_p = 434 \text{ J/KgK}$$



$$D = 0,05 \text{ m}$$

- ipotesi =
- essendo lunga vari metri, ~~la~~ ~~dimensione~~ ~~lunghezza~~ posso ipotizzare
  - $L = \infty$ , verificando poi il valore di  $5 \cdot \frac{1}{m}$ .
  - ipotizzo  $T_f$  accettabile a  $30^\circ$ , e  $T_{amb} = 20^\circ$
  - $h$  omogeneo lungo  $L$

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

$$T_{film} = \frac{(200 + 20)}{2} + 20$$

$$= 110^\circ \rightarrow 383 \text{ K}$$

due medie per calcoli  
della  $T_{film}$  e  
di  $T_{amb}$  nella  $Re$

proprietà dell'aria a questa  $T$

$$\rho = 0,9258 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu = 2,2186 \cdot 10^{-5} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$$

$$\lambda = 0,0319 \frac{\text{W}}{\text{m}^\circ\text{C}}$$

$$Pr = 0,704$$

$$Re = \frac{0,9258 \cdot 5 \cdot 0,05}{2,2186 \cdot 10^{-5}} = 10432$$

allora

$$Nu = 0,193 Re^{0,618} Pr^{1/3} = 52,25$$

$$Nu = \frac{h D}{\lambda}$$

$$h = \frac{Nu \lambda}{D} = 33,33 \text{ W/m}^2\text{K}$$



$$m = \sqrt{\frac{h P}{A \lambda}} = \sqrt{\frac{h \cdot \pi D}{\frac{\pi D^2}{4} \cdot \lambda}} = \sqrt{\frac{33,33 \cdot 4}{0,05 \cdot 60}} = 6,66$$

$$\frac{1}{m} = 0,15 \text{ m}$$

allora è vero che posso considerare  $L = \infty$

$$\vartheta = \vartheta_0 e^{-mx}$$

Rip

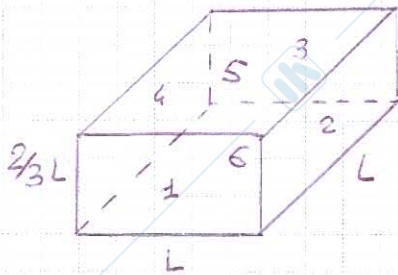
$$\vartheta = T - T_{\infty} \Rightarrow T = (T_0 - T_{\infty}) e^{-mx} + T_{\infty}$$

$$\underline{30} = (+200 - 20) e^{-6,66x} + 20$$

$$\ln \frac{10}{180} = -6,66x$$

$$-2,89 = -6,66x$$

$$x = 0,434 \text{ m}$$



5 e 6 sono quelle orizzontali

ogni superficie "vede" alme 5 superfici, quella opposta e parallela e le 4 ai propri lati ma  $F_{1-2} = F_{1-4}$ ,  $F_{1-6} = F_{15}$ ,  $F_{1-i} = F_{3-i}$  data la geometria della struttura, siccome poi le superfici 1-2, 3-4 sono congruenti, il discorso si può estendere anche a una somma di queste superfici.

$$F_{1-6} = F_{1-5} = \frac{z}{x} = 1; \quad \frac{y}{x} = \frac{2/3 L}{L} = 2/3$$

Cato-base

$$F_{1-6} \sim 0,24$$

$$F_{1-4} = F_{1,2} = \frac{y}{x} = \frac{L}{2/3 L} = 3/2 \quad \frac{z}{x} = 1$$

Cato-Cato

$$F_{1-4} = F_{1,2} \sim 0,23$$

siccome  $2 F_{1,x} = 1 \Rightarrow F_{1,3} = F_{3,1} = 1 - 0,24 \cdot 2 - 0,13 \cdot 2 = 0,26$   
 Cavo fronte

$F_{6-1} = F_{6-3} = \frac{y}{x} = 1 \quad \frac{z}{x} = \frac{2}{3}$

$F_{61} = 0,16$

$F_{6-1} = F_{6-3} = F_{6,4} = F_{6,2}$  perché i parametri  $\frac{y}{x}$  e  $\frac{z}{x}$  sono gli stessi.

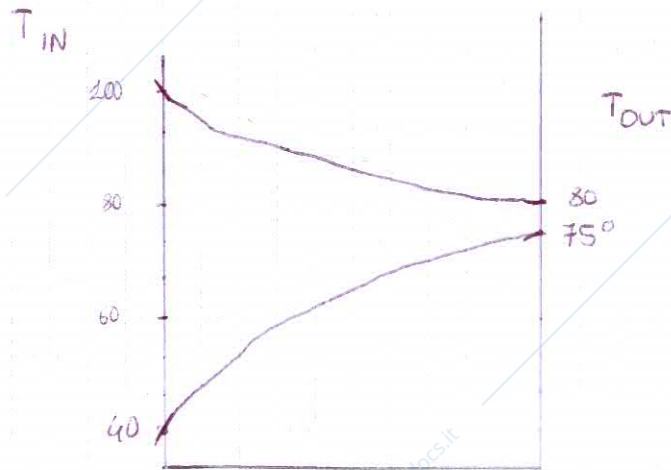
$F_{5-6} = F_{6-5} = 1 - 4 \cdot 0,16 = 0,36$   
 perché  $2 F_{6,x} = 1$

$Q_{out} = 100\,000 \text{ W}$

$h_{TOT} = 22$

$c_{pH_2O} = 4184$

$c_{paria} = 1006$



$\dot{m}_{H_2O} \cdot c_{pH_2O} \Delta T_{H_2O} = -100\,000 \text{ W}$

$\dot{m} = 1,195 \text{ Kg/s}$

$\dot{m}_{aria} \cdot c_{p aria} \Delta T_{aria} = 100\,000 \text{ W}$

$\dot{m} = 2,840 \text{ Kg/s}$

$\Delta T_{ML} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} = \frac{(100 - 40) - (80 - 75)}{\ln \frac{(100 - 40)}{(80 - 75)}} = \frac{55}{\ln 12} = 22,13^\circ$

$\dot{Q} = h A \Delta T_{ML} \rightarrow 100\,000 = 22 \cdot A \cdot 22,13$   
 $A = 205,4 \text{ m}^2$