

Prof. L. Araneo. Prova di Fisica Tecnica del 3 Luglio 2012. Lecco, IPI 7 Cr,
Esame COMPLETO: esercizi 1-8, 3 ore
Solamente SECONDA PARTE: esercizi 6-10, 2 ore

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. Ipotizzare i dati mancanti necessari.
I risultati privi di sufficiente svolgimento/spiegazione non sono ritenuti validi.

- 1) Sono date le temperature minima (50°C) e massima (600°C) e la pressione massima (200 bar) di un ciclo Rankine a vapore d'acqua, con pompa e turbina isoentropiche. Disegnare il ciclo nel diagramma T-s allegato, illustrando le varie trasformazioni seguite. Calcolare i valori delle grandezze nei punti necessari ed il rendimento del ciclo secondo i due principi della termodinamica.
- 2) In un condizionatore l'aria entra a 30° e umidità relativa 70%, ed esce a 15°C e satura di umidità. Riportare la trasformazione seguita dall'aria sul diagramma psicrometrico allegato. Sapendo che la potenza termica sottratta all'aria è di 1000W, calcolare la portata di aria trattata e di liquido che eventualmente condensa.
- 3) Un condizionatore raffredda l'aria di una stanza da 25° a 15°C . All'esterno ci sono 35°C . L'evaporatore necessita di una differenza di temperatura di almeno 12°C per scambiare calore, il condensatore di 25°C . L'efficienza è il 50% di quella di una macchina ideale che lavora tra le stesse temperature estreme del ciclo. Sapendo che il motore del compressore assorbe 1 kW di elettricità, determinare la portata di aria trattata. Disegnare i grafici che schematizzano il funzionamento della macchina
- 4) Un recipiente dilatabile contenente $V_1 = 10$ litri di azoto (gas perfetto) inizialmente a $P_1 = 15$ bar e T ambiente, viene scaldato utilizzando una sorgente isoterma a 250°C ; prima a pressione costante fino a raggiungere $V_2 = 15$ litri, poi a volume costante fino a raggiungere l'equilibrio con la sorgente. Determinare la quantità di calore necessaria per l'operazione, il lavoro svolto dal gas, la variazione di entropia totale. Disegnare la trasformazione nel piano P-V.
- 5) Un motore opera secondo il ciclo Joule-Bryton ideale utilizzando come fluido di lavoro aria inizialmente a condizioni ambiente. Dati il rapporto di compressione $\beta = 10$, la temperatura massima raggiunta dal fluido pari a 1100°C , calcolare la quantità di energia da fornire al fluido, il rendimento del ciclo di 1° e 2° principio. Disegnare il grafico delle trasformazioni nel piano T-s.

6) In un tubo di rame ($D_{\text{int}} = 12\text{ mm}$, spessore 1 mm) scorre acqua calda (65°C); il tubo si trova in un ambiente dove $h = 2\text{ W/m}^2\text{K}$. Si vuole isolare il tubo con un materiale avente conducibilità termica $\lambda = 0.02$. Determinare: lo spessore di isolante che massimizza le perdite, usarne uno spessore triplo, determinare quindi il calore dissipato per metro di tubo e il profilo di temperatura radiale. Specificare le ipotesi e le approssimazioni adottate.

7) Una piastra in acciaio ($\rho_{\text{acc}} = 7900\text{ kg/m}^3$, $c_{p,\text{acc}} = 450\text{ J/kg.K}$, $\lambda_{\text{acc}} = 60\text{ W/m.K}$) di sezione rettangolare (spessore 2 mm , larghezza 20 cm , lunghezza indefinita), è mantenuta ad una estremità alla temperatura di 100°C . E' investita da un flusso d'aria a 15 m/s e alla temperatura di 20°C . Determinare per quale lunghezza si trova a più di 30°C , la potenza termica dissipata fino a tale lunghezza ed in totale.

Correlazioni suggerite per il numero di Nusselt su lastre piane: (motivare la scelta)

lastra piana, $Re < 500'000$ $Nu = 0.664 Re^{1/2} Pr^{1/3}$
 lastra piana, $Re > 500'000$ $Nu = (0.037 Re^{4/5} - 871) Pr^{1/3}$ ($0.6 < Pr < 60$, $5 \cdot 10^5 < Re < 10^7$)
 lastra piana, $Re \gg 500'000$ $Nu = 0.037 Re^{4/5} Pr^{1/3}$ ($0.6 < Pr < 60$, $5 \cdot 10^5 < Re < 10^7$)

8) Un barile vuoto è lasciato al sole. Date le dimensioni $D = 80\text{ cm}$ e $h = 1.2\text{ m}$, determinare la potenza termica che il fondo riceve per irraggiamento dalle altre superfici.

Tutte le emissività sono approssimabili a $\varepsilon = 0.8$

$T_{\text{fondo}} = 15^\circ\text{C}$

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

$T_{\text{soffitto}} = 45^\circ\text{C}$

Per i fattori di vista utilizzare il grafico fornito, o specificare la formula utilizzata.

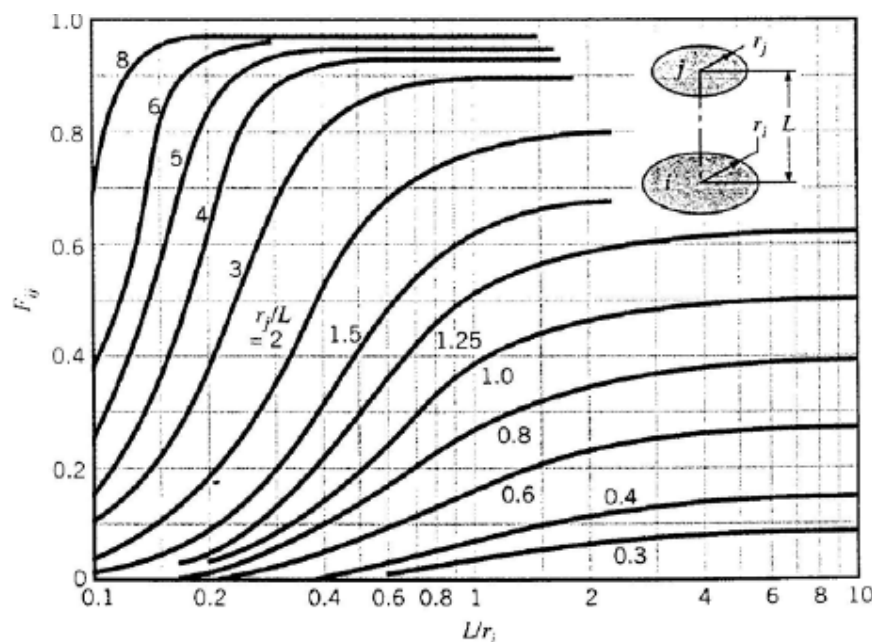


Figura 12.13. Fattore di vista per dischi coassiali paralleli

9) Una piastra di legno ($c_{p,\text{legno}} = 1800\text{ J/kg.K}$, $\lambda_{\text{legno}} = 0.15\text{ W/m.K}$) quadrata, $\rho_{\text{legno}} = 600\text{ kg/m}^3$ (lato 40 cm , spessore 4 cm , peso 3 kg), inizialmente a temperatura ambiente, viene messa in un forno a 200°C e con coefficiente di convezione di $10\text{ W/m}^2\text{K}$. Determinare il profilo di temperatura dopo 15 minuti .

10) Una barra di acciaio ($\rho = 7850\text{ kg/m}^3$, $\lambda_{\text{acc}} = 60\text{ W/m.K}$, $c_p = 434\text{ J/kg.K}$) avente $D = 4\text{ cm}$ esce da un forno metallurgico alla temperatura di 600°C , e viene esposta all'aria ambiente avente velocità di 10 m/s . Determinare dopo quanto tempo può essere maneggiata senza scottarsi.

Correlazioni suggerite per Re-Nu attorno a cilindri:

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	$0.027 Re^{0.805} Pr^{1/3}$

-----fine completo-----

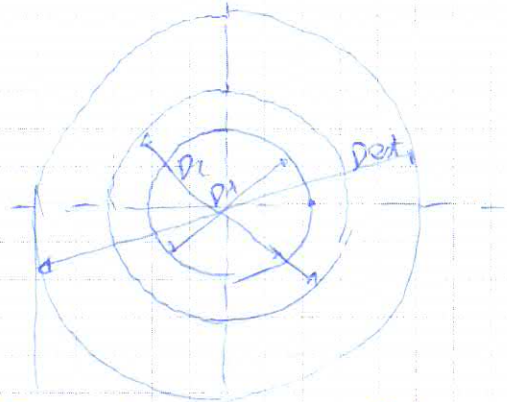


5) $D_{int} = 0,012 \text{ m}$
 $\frac{1}{4}$ $D_{ext} = 0,014 \text{ m}$

$T_{acqua} = 65^\circ\text{C}$

$h_i = 2 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$ iphesso costante

$\lambda = 0,02 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$



Considero h interno molto elevato \rightarrow Temperatura interna = 65°C

Resistenza minima $\rightarrow r_{est} = \frac{\lambda}{h} = \frac{0,02}{2} = 0,01 \text{ mm}$ $D_{ext} = 0,07 \text{ m}$
 $S = \frac{D_{ext} - D_2}{2} = 0,003 \text{ m}$

Da tabella $\rightarrow \lambda_{av} = 0,01 \frac{\text{W}}{\text{mK}}$, iphesso $T_{\infty} = 20^\circ\text{C}$, $D_{ext} = 0,032 \text{ m}$

$R_{tot} = \sum R_i = R_{tubo} + R_{isol} + R_{conv} = \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi \lambda} + \frac{\ln \frac{r_{est}}{r_2}}{2\pi \lambda} + \frac{1}{2\pi r_{est} h} =$

$= \frac{\ln \frac{0,007}{0,006}}{2\pi \cdot 0,01 \cdot 1} + \frac{\ln \frac{0,016}{0,007}}{2\pi \cdot 0,01 \cdot 1} + \frac{1}{2\pi \cdot 0,016 \cdot 2} = 6,118 \cdot 10^{-5} + 6,578 + 4,97 = 11,55 \frac{\text{W}}{\text{m}}$

$\dot{Q} = \frac{\Delta T_{tot}}{R_{tot}} = \frac{65 - 20}{11,55} = 3,896 \text{ W/m}$

$\Delta T_1 = \dot{Q} \cdot R_{tubo} = 2,3 \cdot 10^{-4}^\circ\text{C}$

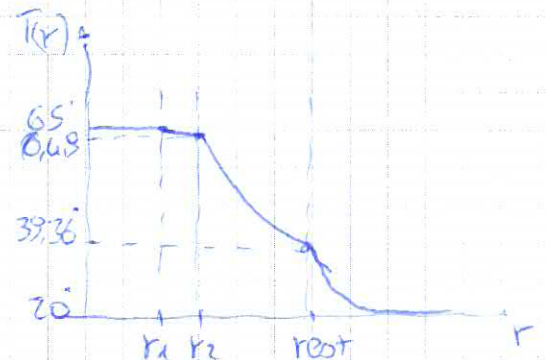
$\Delta T_2 = \dot{Q} \cdot R_{isol} = 25,63^\circ\text{C}$

$\Delta T_3 = \dot{Q} \cdot R_{conv} = 19,36^\circ\text{C}$

$T(r_1) = 64,99^\circ\text{C}$

$T(r_{est}) = 39,36^\circ\text{C}$

$T_{\infty} = 20^\circ\text{C}$



7) $\rho_{acc} = 7800 \text{ kg/m}^3$ $c_p = 450 \text{ J/kgK}$ $\lambda_{acc} = 60 \text{ W/mK}$

6/6

$\delta = 0,002 \text{ m}$

$L = 0,2 \text{ m}$

$T_b = 100^\circ\text{C}$

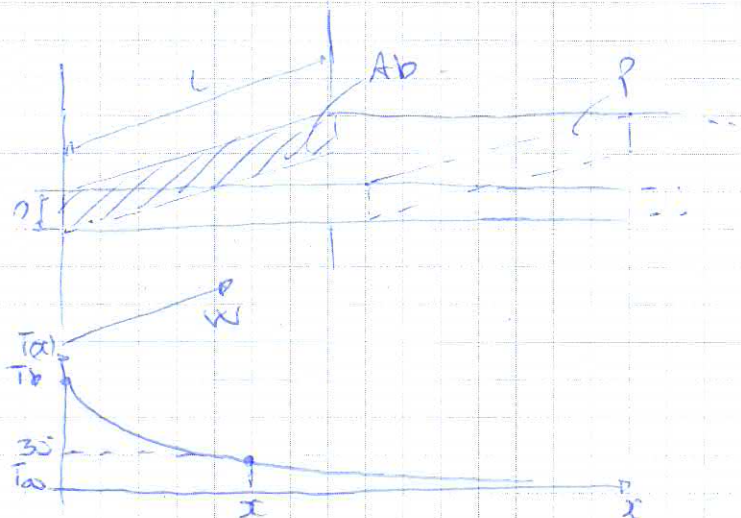
$W = 15 \text{ W/m}$

$T_{\infty} = 20^\circ\text{C}$

Es $x / (T_x - T_{\infty}) = 30^\circ\text{C} = ?$

⊗ $x = ?$

⊗ $T_{01} = ?$



Ipotesi che W sia una direzione trasversale alla piastra e calcolarsi il coefficiente di convezione.

$T_{film} = \frac{100 + 20}{2} = 35^\circ\text{C}$

Da tabella per $T = 300 \text{ K} \rightarrow \rho_{acc} = 1,1614 \text{ kg/m}^3$, $\mu_{acc} = 184,6 \cdot 10^{-7} \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}$
 $\lambda_{acc} = 26,3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{W}}{\text{mK}}$, $Pr = 0,707$.

$Re = \frac{\rho W L}{\mu} = \frac{1,1614 \cdot 15 \cdot 0,2}{184,6 \cdot 10^{-7}} = 188743,2$

quindi $Nu = 0,664 Re^{1/2} \cdot Pr^{1/3} = 257,257$

$Nu = \frac{h L}{\lambda} \rightarrow h = \frac{Nu \lambda}{L} = \frac{257 \cdot 26,3 \cdot 10^{-3}}{0,2} = 33,8 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{K}}$
 ipotesi h costante.

Ambiente a temperatura nello spessore $\rightarrow T = T(x)$

$\frac{T(x) - T_{\infty}}{T_b - T_{\infty}} = e^{-ux}$

$u = \sqrt{\frac{h P}{\lambda_{acc} A_b}} = \sqrt{\frac{33,8 \cdot 0,404}{60 \cdot 0,2 \cdot 0,002}} = 23,853 \text{ m}^{-1}$

$\frac{30 - 20}{100 - 20} = e^{-23,853 x}$

ln $0,1875 = -23,853 x \rightarrow x = 0,087 \text{ m}$

l'efficacia è $\frac{\dot{Q}_{dallo}}{\dot{Q}_{Ab}} = \frac{R_P}{h A_b} = \frac{60 \cdot 0,404}{33,8 \cdot 0,2 \cdot 0,002} = 47,34$

$\dot{Q}_{Ab} = h \cdot A_b (T_b - T_{\infty}) = 33,8 \cdot 0,2 \cdot 0,002 \cdot (100 - 20) = 1,08 \text{ W}$

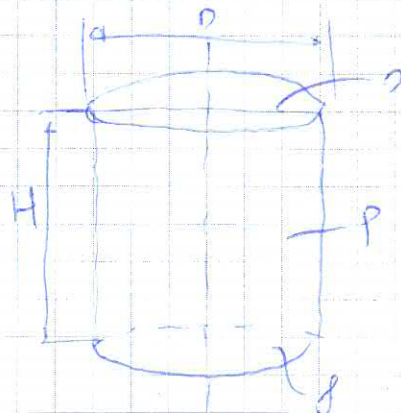
considero lo stesso calcolato

$\dot{Q}_{dallo} = \dot{Q}_{Ab} \cdot 47,34 = 45,8 \text{ W}$

Nota che per $T_{01} = T_{\infty}$ esattamente

il flusso a x sarà $\dot{Q}_{dallo} = \dot{Q}_{Ab} \left(1 - \frac{(T_x - T_{\infty})}{(T_b - T_{\infty})} \right) = 45,8 \cdot 0,875 = 40 \text{ W}$

8) $D = 0,8 \text{ m}$
 $H = 1,7 \text{ m}$
 $\epsilon_i = 0,8$



$T_p = 15^\circ\text{C} = 288 \text{ K}$

$T_p = 30^\circ\text{C} = 303 \text{ K}$

$T_o = 45^\circ\text{C} = 318 \text{ K}$

Del grafico $F_{sp} = F_{po} = 0,1$ $F_{sp} + F_{po} = 1$

per differenza $F_{pp} = 1 - 0,1 = 0,9$

$$\dot{Q}_{p-o} = \frac{\sigma (T_p^4 - T_o^4)}{\frac{1-\epsilon}{\epsilon A_p} + \frac{1}{F_{po} A_p} + \frac{1-\epsilon}{\epsilon A_o}} =$$

$A_p = A_o = \frac{\pi}{4} D^2 = 0,5 \text{ m}^2$

$A_p = \pi D H \approx 3 \text{ m}^2$

$$= \frac{5,67 (2,88^4 - 3,18^4)}{\frac{2 \cdot 0,2}{0,8 \cdot 0,5} + \frac{1}{0,1 \cdot 0,5}} = \frac{-189,74}{1 + 20} = -9,035 \text{ W}$$

$$\dot{Q}_{p-p} = \frac{\sigma (T_p^4 - T_p^4)}{\frac{1-\epsilon}{\epsilon A_p} + \frac{1}{F_{pp} A_p} + \frac{1-\epsilon}{\epsilon A_p}} = \frac{5,67 \cdot (2,88^4 - 3,03^4)}{\frac{0,2}{0,8 \cdot 0,5} + \frac{1}{0,9 \cdot 0,5} + \frac{0,2}{0,8 \cdot 3}} = \frac{-87,84}{0,5 + 2,22 + 0,083} = -31,34 \text{ W}$$

Il fondo riceve dalle altre superfici $-(-9,035 - 31,34) = 40,375 \text{ W}$