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 i 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. Disenare 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 ispoterma 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 β = 10, la temperatura massima raggiunta dal fluido pari a 1100 °C, calcolare la quantità di energia da fornire al fluido, i rendimento del ciclo di 1° e 2° principio. Disegnare il grafico delle trasformazioni nel piano T-s.

6) In un tubo di rame (D_{int} 12mm, spessore 1 mm) scorre acqua calda (65C); il tubo si trova in un ambiente dove h=2 W/m^{2}K. Si vuole isolare il tubo con un materiale avente conducibilità termica λ= 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 (ρ_{acc}= 7900 kg/m^3, c_{P_acc}= 450 J/kg.K, λ_{acc}= 60 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 $Nu = (0.037\ Re^{4/5} - 871)\ Pr^{1/3}$ $(0.6<Pr<60,\ 5*10^5<Re<10^7)$

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

8) Un barile vuoto è lasciato al sole. Date le dimensioni D=80cm e h=1.2 m, determinare la potenza termica che il fondo riceve per irraggiamento dalle altre superfici.
Tutte le emisività sono approssimabili a ε = 0.8
T_fondo = 15°C
T_pareti = 30°C
T_soffitto = 45°C
Per i fattori di vista utilizzare il grafico fornito, o specificare la formula utilizzata.

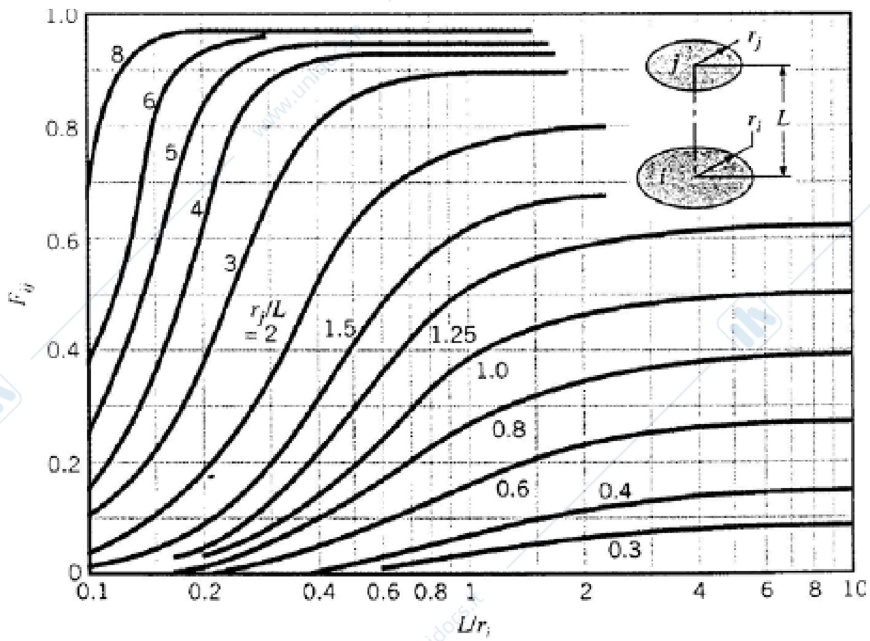


Figura 12.13. Fattore di vista per dischi coassiali paralleli

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

9) Una piastra di legno (c_{P_legno}= 1800 J/kg.K, λ_{legno} = 0.15 W/m.K) quadrata, ρ_{legno} = 600 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 W/m^{2}K. Determinare il profilo di temperatura dopo 15 minuti.

10) Una barra di acciaio (ρ = 7850 kg/m^3, λ_{acc} = 60 W/m.K, c_P = 434 J/kgK)) avente D= 4 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	$0.027\ Re^{0.805}\ Pr^{1/3}$

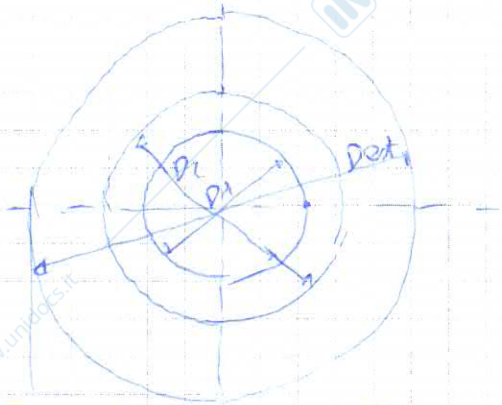
1/4

$D_{int} = 0{,}012\ m$
$D_{est} = 0{,}014\ m$

$T_{acqua} = 65°C$

$h = 2\ \frac{W}{m^2K}$ ipotesi costante

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



Considero h interno molto elevato → T superficie interna = 65°C

Resistenza minima → $r_{est} = \frac{\lambda}{h} = \frac{0{,}02}{2} = 0{,}01$ mm $\quad D_{est} = 0{,}02\ m$

$S = \frac{D_{est} - D_2}{2} = 0{,}003\ m$

Da tabelle → $\lambda_{iso} = 0{,}01\ \frac{W}{mK}$, ipotesi $T_\infty = 20°C$, $D_{est} = 0{,}032$ mm

$$R_{TOT} = \Sigma R_i = R_{c\,tubo} + R_{c\,isol} + R_{conv} = \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{2\pi \lambda_1 L} + \frac{\ln \frac{r_{est}}{r_2}}{2\pi \lambda L} + \frac{1}{2\pi r_{est} h} =$$

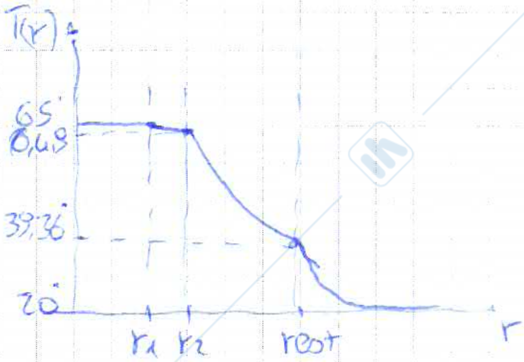
$$= \frac{\ln \frac{0{,}007}{0{,}006}}{2\pi\, 401 \cdot 1} + \frac{\ln \frac{0{,}016}{0{,}007}}{2\pi \cdot 0{,}02 \cdot 1} + \frac{1}{2\pi\, 0{,}016 \cdot 2} = 6{,}118 \cdot 10^{-5} + 6{,}578 + 4{,}97 = 11{,}55\ \frac{mK}{W}$$

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

$\Delta T_1 = \dot{Q} \cdot R_{c\,tubo} = 2{,}3 \cdot 10^{-4}\ °C \qquad T(R_2) = 64{,}99°C$

$\Delta T_2 = \dot{Q}\ R_{c\,isol} = 25{,}63\ °C \qquad T(R_{est}) = 39{,}36\ °C$

$\Delta T_3 = \dot{Q}\ R_{conv} = 19{,}36\ °C \qquad T_\infty = 20°C$



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

6/6

$\delta = 0{,}002\ m$ $L = 0{,}2m$

$T_b = 100°C$

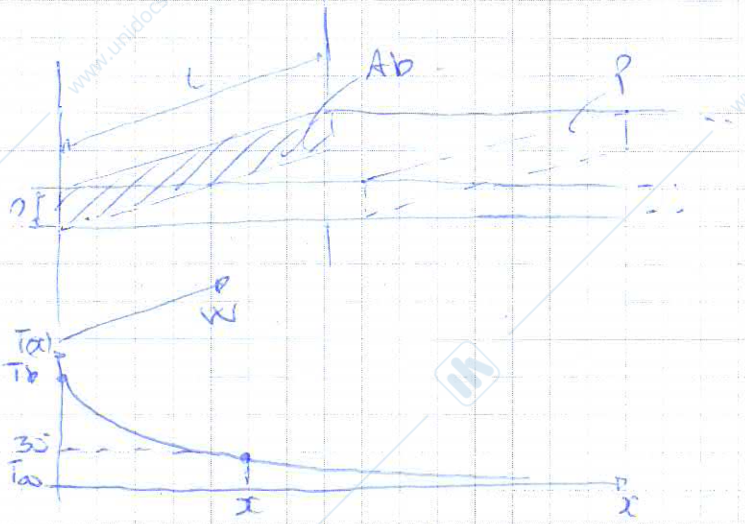
$w = 15\ m/s$

$T_\infty = 20°C$

a) $x|_{T(x)=30°C} = ?$

b) $x = ?$

c) $\dot{Q}_{tot} = ?$



Ipotizzo che w sia una direzione trasversale alla piastra e calcolo il coefficiente di convezione

$T_{film} = \frac{100+20}{2} = 35°C$

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

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

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

$Nu = \frac{hL}{\lambda} \longrightarrow h = \frac{Nu\,\lambda}{L} = \frac{257 \cdot 26{,}3 \cdot 10^{-3}}{0{,}2} = 33{,}8\ \frac{W}{m^2K}$

ipotizzo h costante.

Andamento di temperatura nella lamina $\rightarrow T = T(x)$

$\frac{T(x) - T_\infty}{T_b - T_\infty} = e^{-mx}$ $m = \sqrt{\frac{hP}{\lambda_{acc} A_b}} = \sqrt{\frac{33{,}8 \cdot 0{,}404}{60 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}002}} = 23{,}853\ m^{-1}$

$\frac{30-20}{100-20} = e^{-23{,}853x}$ $\ln 0{,}125 = -23{,}853x \rightarrow x = 0{,}087\ m$

L'efficacia è $\frac{\dot{Q}_{aletta}}{\dot{Q}_{Ab}} = \sqrt{\frac{\lambda P}{h A_b}} = \sqrt{\frac{60 \cdot 0{,}404}{33{,}8 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}002}} = 42{,}34$

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

$\dot{Q}_{aletta} = \dot{Q}_{AB} \cdot 42{,}34 = 45{,}8\ W$

~~Data che per ... T∞ ...~~

$\dot{Q}$ fino a x sarà ~~all'incirca~~ esattamente $\dot{Q}_{aletta} \cdot \cancel{\frac{T_b - T_\infty}{T_\infty - T_\infty}} =$

$\dot{Q}_{aletta} \left| 1 - \left(\frac{T_x - T_\infty}{T_b - T_\infty}\right)\right| = 45{,}8 \cdot 0{,}875 = 40\ W.$

8) $D = 0{,}8\ m$

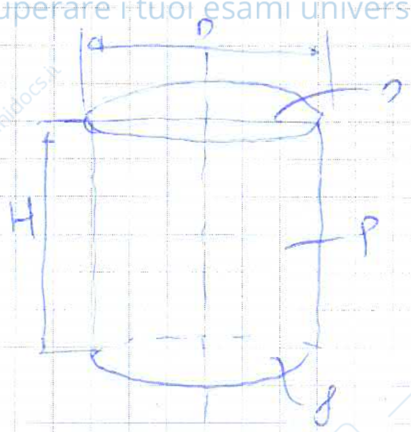
3/3 $H = 1{,}7\ m$

$\varepsilon_i = 0{,}8$

$T_f = 15°C = 288\ K$

$T_p = 30°C = 303\ K$

$T_o = 45°C = 318\ K$



Dal grafico $F_{of} = F_{fo} = 0{,}1$ $\qquad F_{fp} + F_{fo} = 1$

Per differenza $F_{fp} = 1 - 0{,}1 = 0{,}9$

$$\dot{Q}_{fo} = \frac{\sigma\,(T_f^4 - T_o^4)}{\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon A_f} + \frac{1}{F_{fo}\cdot A_f} + \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon A_o}} =$$

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

$A_p = \pi D H \cong 3\ m^2$

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

$$\dot{Q}_{fp} = \frac{\sigma\,(T_f^4 - T_p^4)}{\frac{1-\varepsilon}{\varepsilon A_f} + \frac{1}{F_{fp} A_f} + \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon\cdot A_p}} = \frac{5{,}67\cdot(2{,}88^4 - 3{,}03^4)}{\frac{0{,}2}{0{,}8\cdot 0{,}5} + \frac{1}{0{,}9\cdot 0{,}5} + \frac{0{,}2}{0{,}8\cdot 3}} = \frac{-87{,}84}{0{,}5 + 2{,}22 + 0{,}083} =$$

$$= -31{,}38\ W$$

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