

Prof. L. Araneo. Prova di Fisica Tecnica dell'8 settembre 2010. Lecco, IPI 7 Cr,
esame COMPLETO, esercizi 1-8, (di cui almeno due tra 6°, 7°, 8°) tempo 3h

Esercizio	1	2	3	4	5	6	7	8	Tot
Punti	5	5	4	4	4	4	4	3	33

solo SECONDA PARTE: esercizi 6-11, tempo 2h15

Esercizio	6	7	8	9	10	11	Tot
Punti	6	6	4	6	5	6	33

E' consentito l'uso di: -calcolatrice, -tavole termodinamiche, un -formulario (1 pagina A4 F/R)
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 ragionevolmente 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 (150 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.

Soluzione

	P kPa	X	h	s
1	12.349	0	209.33	0.7038
2	15000	nd	224.47	"
3		0		
4		1		
5	15000	nd	3582.3	6.6776
6	12.349	0.810	2140.0	6.6776
vap sat	12.349	1	2592.1	8.0763

Qin 3357.83

L_nu 1427.12

eta1 42.5%

2) In un impianto di condizionamento l'aria 30° (portata 3 kg/s) a umidità relativa 65% viene raffreddata fino a 10°. Determinare numericamente la potenza da asportare, la portata di condensa. Riportare punti e trasformazioni sul diagramma psicrometrico allegato. Riconoscere ed indicare sulle scale del diagramma tutti i valori calcolati numericamente che è possibile indicarvi.

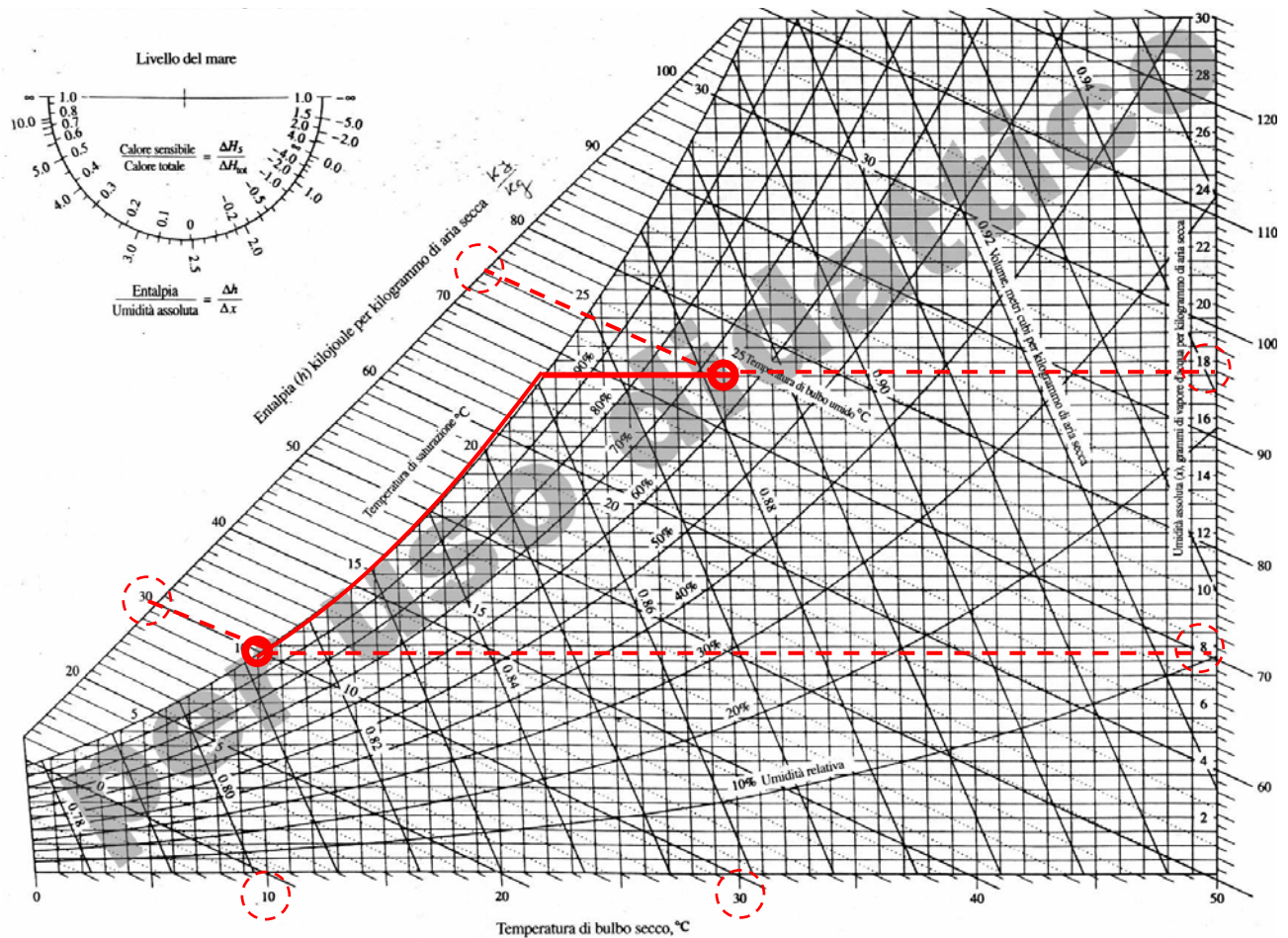
Soluzione

L'aria si raffredda a titolo costante fino alla saturazione, poi prosegue lungo la curva di saturazione

	1	2	condensa
T °C	30	10	
UR	65%	100%	
Psat	4246	1227.6	
Pvap	2759.9	1227.6	
X	0.0174	0.0076	0.0098
H	74.7	29.3	
m' [kg/s]	3.000		0.029365 kg/s 1.7619 kg/min
Δh = q [kJ/kg _{AS}]	-45.395		

Q' [kW]

-136.186



3) In una stazione della metropolitana l'aria viene aspirata dall'esterno a $T_1=10^\circ\text{C}$, tramite batterie di ventilatori per 8 kW totali, convogliata in un condotto (Diametro cm 80) che scorre lungo i tunnel, e allo sbocco in stazione misura il flusso a $T_2=14^\circ\text{C}$, $w_2=15\text{m/s}$. Indicare e quantificare gli scambi energetici del flusso d'aria, e la sua variazione di entropia. Specificare le ipotesi adottate.

Soluzione

	T °C	T K	ρ kg/m ³		A m ²	w m/s	m' kg/s
1_esterno	10	283	1.249		∞	0	9.28
1b_condotto	≈ 10	≈ 283	≈ 1.249	0.8	0.5024	14.79	9.28
2	14	287	1.231	0.8	0.5024	15	9.28

Si usa il 1° principio per sistemi aperti scritto nella forma

$$Q'_{IN} + L'_{IN} = \Delta H' (+\Delta E_{cin}') = m' c_p \Delta T (+m' \Delta w^2/2)$$

Sia che si calcoli a partire dall'esterno ($w=0$, più preciso), sia all'imbocco del condotto, l'energia cinetica è trascurabile rispetto all'entalpia

$$\Delta h \text{ J/kg} = 4020$$

$$\Delta e_{cin} = 112 \text{ oppure } 3 \text{ trascurabile}$$

$$\Delta h' \text{ W} = 37307$$

$$L'_{in} \text{ W} = 8000$$

$$Q'_{in} \text{ W} = 29307$$

$$\Delta s \text{ J/kg.K} = 14.1$$

$$\Delta s' \text{ W/K} = 130.77$$

$$\Delta s'_{amb} \text{ W/K} = -102.11 \quad T \text{ attorno al tubo, ipotizzarla } >14^\circ\text{C}$$

4) Un frigorifero, posto in una stanza a 30°C, mantiene il contenuto a 4°C. L'evaporatore necessita di una differenza di temperatura di 10°C per scambiare calore, il condensatore di 25°C. L'efficienza è il 60% di quella di una macchina ideale che lavora tra le stesse temperature estreme del ciclo. Sapendo che a regime il motore del frigorifero consuma in media 150W, determinare i flussi termici.

Soluzione

	°C		K	°C		
T _{est}	30	T _{inf}	267	-6	Q _{inf} W	393.93
T _{int}	4	T _{sup}	328	55	Q _{sup} W	543.93
deltaT _{ev}	10	deltaT	61		COP _{id}	4.38
deltaT _{con}						
d	25	Lin W	150.0		COP _{re}	2.63

5) Un utensile usa come fonte di energia aria compressa di rete (6 bar relativi, T ambiente). L'aria si espande in un motore ipotizzabile come una piccola turbina adiabatica con rendimento del 50%. Determinare la portata di aria da utilizzare per ottenere all'utensile una potenza di 2000 W. Rappresentare lo schema della trasformazione nel piano T-s.

Soluzione

β	7
ε _{comp}	50%
R	286.7
C _p	1003.4
γ	1.4

	P bar	T °C	T K	deltaT
1	7	27	300	
2id	1.00	-100.9	172	-128
2re	1.00	-37.0	236.03	-63.97

I _{out} kJ/kg	64.19
L' kW	2
m' kg/s	0.03116

6) Una tubo di acciaio, (D_{est}=3 cm, D_{int}=2.6 cm, ρ_{Fe}=7800 kg/m³, c_{p,Fe}= 440 J/kg.K, λ_{Fe}=60 W/m.K) con temperatura ad una estremità pari a 120°C si trova in un ambiente con coefficiente di convezione pari a 10 W/m²K. Determinare quale lunghezza debba avere per poter raggiungere all'estremità fredda la stessa temperatura ambiente, e in tal caso la distanza a cui la temperatura è 50°C. Specificare le ipotesi adottate.

Soluzione

D cm	0.03	ro	7800
D _{int} m	0.026	C _p	440
perimetro m	0.0942	lambda	60
area m2	0.00018	h	10
		m	9.45
To	120	L _{inf}	0.52915
T _{aria}	27		
T _{fin}	50		
teta _{fin}	23		
teta ₀	93	L ₅₀	0.147856

7) La parete di un edificio è lambita dal vento a 60 km/h e disperde 15 W/m². Determinare il coefficiente di convezione e la temperatura della parete. Dati: altezza parete 10 metri, lunghezza 20 metri, T_{aria} 4°C.

lastra piana, Re < 500'000	Nu = 0.664 Re ^{1/2} Pr ^{1/3}
----------------------------	--

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

Soluzione

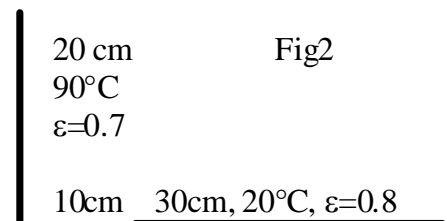
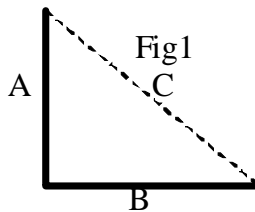
Ricordando che $Q' = h A \Delta T$, h può essere calcolato dalle condizioni fluidodinamiche, e trovando ΔT si risolve il problema.

Per calcolare h servono Re Nu Pr , da calcolare alla T_{film} , che non è nota ma per esperienza comune la parete non potrà essere tanto più calda dell'aria ambiente, e quindi T_{film} sarà di poco superiore a T_{amb} ; a conti fatti si verificherà tale ipotesi

$Re = \rho w L / \mu = 1.2 \cdot 16.7 \cdot 20 / 0.000018 = 24'000'000$, poco oltre il valor dato dalla relazione *, non avendo altro si usa tale relazione

w km/h	60
w m/s	16.6667
T_{film}	5
ρ	1.27
μ	1.8E-05
L	20
Re	2.4E+07
Nu	26132
Cp	1005
λ	0.022
h	28.7
Q'/A	15
deltaT	0.521824
T_paret	
e	24.5

8) E' data la formula per calcolare il coefficiente di vista tra due superfici di lunghezza indefinita poste a 90° come in Fig1: $F_{AB} = [(A+B)-C]/(2A)$. Calcolare l'energia scambiata per irraggiamento per metro di lunghezza tra due superfici, poste come in Fig 2.



Soluzione

Si deve usare la proprietà addittiva dei fattori di vista: $F_{1-23} = F_{12} + F_{13}$

Usando le lunghezze direttamente come indici, $F_{20-30} = F_{20-40} - F_{20-10}$

F_{20-40} : A=20, B= 40, C= 44.7, $F_{20-40} = 0.191$

F_{20-10} : A=20, B= 10, C= 22.4, $F_{20-40} = 0.382$

Oppure $F_{20-10} = F_{40-20}$ poichè i triangoli sono simili

$F_{20-30} = 0.191$ per differenza

	da 20 a 10	da 20 a 40	da 20 a 30
A	20	20	
B	10	40	
C	22.36	44.72	
F vista	0.191	0.382	0.191
T °C		90	20
T K		363	293
ε		0.7	0.8
F_20_30		0.191	
Q'		19.573	

Nel calcolo dell'area, utilizzare la lunghezza unitaria moltiplicata per l'altra dimensione della superficie $Area_{20} = 1 \cdot 0.2 \text{ m}^2$ etc

----- fine esame completo -----

9) Una piastra di vetroresina di dimensioni 500x500x20 mm (calore specifico 1.2 kJ/kg.K, conducibilità termica 0.3 W/m.K, massa volumica 1.75 kg/dm³) inizialmente a T ambiente viene messa a scaldare in un forno tradizionale ventilato. Ipotizzando la temperatura dei gas 300°C, e il coefficiente di convezione pari a 20 W/m²K, determinare la temperatura al centro e alla superficie dopo 30 minuti. Chiarire e discutere le ipotesi utilizzate.

10) Una piastra di vetroresina di dimensioni 500x500x20 mm (calore specifico 1.2 kJ/kg.K, conducibilità termica 0.3 W/m.K, massa volumica 1.75 kg/dm³) inizialmente in aria ambiente (coefficiente di convezione pari a 20 W/m²K) viene scaldata per induzione che provoca la generazione omogenea di calore all'interno della piastra. Somministrando 6 kW di potenza, determinare il profilo di temperatura all'interno della piastra una volta raggiunte le condizioni stazionarie.

11) Una finestra a doppio vetro è formata da due lastre (conducibilità $\lambda_v = 1.3 \text{ W/m.K}$, spessore $S_v = 4 \text{ mm}$), separate da un'intercapedine di aria ($\lambda_a = 0.0253 \text{ W/m.K}$, spessore 16 mm), in cui i moti convettivi non sono attivi. All'esterno si trova aria a $T_{est} = 0 \text{ °C}$ ($h_{est} = 17 \text{ W/m}^2 \text{ K}$), all'interno aria a 22°C ($h_{int} = 5 \text{ W/m}^2 \text{ K}$). Determinare la potenza specifica dissipata. Disegnare l'andamento del profilo di temperatura con i valori intermedi.