

Prof. L. Araneo. Prova di Fisica Tecnica del 27 Settembre 2012. Lecco, IPI 7 Cr,
Esame COMPLETO: esercizi 1-8, 3 ore

E' consentito l'uso di: -calcolatrice, -tavole termodinamiche, un -formulario (1 pagina A4)
Disponibili: tabelle vapore, aria e varie sostanze

Consegnare: □ foglio grafici, □ svolgimento, □ formulario. Potete trattenere il testo dell'esame.
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 pressioni minima (10 kPa) e massima (175 bar) e la temperatura massima (550°C) 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, spiegandone il significato.

Soluzione: Vedi tema d'esame Maggio 2008 esercizio 6

2) Un flusso di aria ambiente viene aspirato da un compressore dal quale esce alle condizioni $P_u = 3$ bar relativi, $T_u = 173$ °C, $w_u = 200$ m/s da un condotto avente diametro 10 cm. Specificare le ipotesi adottate, calcolare la potenza meccanica necessaria per azionare il compressore, spiegare se la trasformazione è irreversibile, reversibile o impossibile.

Soluzione:

Condizioni ambiente: si sceglie $P_a = 1 \text{ atm} \cong 1 \text{ bar}$, T_a , $w_a = 0$, $A_a = \infty$.

All'imbocco del compressore sarà $A_e \gg A_u$, $w \cong 0$ e $P \cong 1$

All'uscita si calcolano $P_u = 4$ bar assoluti, ρ_u , da cui $m' = \rho W A$

$Q'_{\text{in}} + L'_{\text{in}} = m'(\Delta h + \Delta e_{\text{cinetica}}) = m'(c_p T_u - T_a + w_u^2 - 0)$

$\Delta s = c_p \ln(T_u - T_a) - R \ln(P_u/P_a)$. Il segno del risultato dipende dalle condizioni iniziali scelte, in particolare T_{ambiente} . Per $T_a > 27$ risulta $\Delta s < 0$ cioè impossibile, per $T_a < 27$ risulta $\Delta s > 0$ cioè irreversibile.

3) Un condizionatore deve asportare 2 kW di calore da un locale per mantenerlo a 24°C, mentre l'ambiente esterno è a 32 °C. L'evaporatore necessita di una differenza di temperatura di 18°C per scambiare calore, il condensatore di 12°C. L'efficienza è il 60% di quella di una macchina ideale che lavora tra le stesse temperature estreme del ciclo. Disegnare uno o più schemi della macchina per illustrarne i componenti e il funzionamento. Calcolare il COP della macchina reale, i flussi energetici.

Soluzione:

solita, notare che $2 \text{ kW} = Q_{\text{entrante}} = Q_{\text{inf}}$

4) In un condizionatore l'aria entra a 28° e umidità relativa 60%, 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 2000W, calcolare la portata di aria trattata e di liquido che eventualmente condensa.

Soluzione:

$Q' = m' |h_2 - h_1|$ da cui si calcola m'

Condensa da bilancio sui flussi di acqua

$m'_{\text{vapore_in}} = m'_{\text{vapore_out}} + m'_{\text{condensa}}$ da cui $m'_{\text{condensa}} = m'(x_1 - x_2)$

5) Il cioccolato alla temperatura di 50°C viene colato in forma di tavolette da 150 grammi spesse 1 cm. Le tavolette vengono esposte ad un flusso di aria orizzontale alla velocità di 10 m/s, finché

scendono ovunque sotto i 25°C per essere quindi maneggiate senza deformarle. Determinare quanto tempo occorre attendere.. Dati: per il cioccolato usare le stesse caratteristiche di densità e conducibilità dell'acqua.

Correlazioni suggerite per Re-Nu su lastre piane:

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

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

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

Soluzione: Vedi tema d'esame 50 esercizio 7

6) Una barra di alluminio ($\rho_{Al} = 2700 \text{ kg/m}^3$, $c_{p_Al} = 900 \text{ J/kg.K}$, $\lambda_{Al} = 270 \text{ W/m.K}$) avente profilo triangolare equilatero ($L=3 \text{ cm}$) e lunga 6 metri, dopo l'estrusione a 250°C viene fatta raffreddare in aria ambiente con coefficiente di convezione pari a $10 \text{ W/m}^2\text{K}$. Determinare dopo quanto tempo la si può maneggiare in sicurezza.

Soluzione:

La lunghezza caratteristica per il tempo caratteristico, e quindi anche per il numero di Biot può essere presa come area/perimetro della sezione triangolare = $(L \cdot H/2) / 3L = H/6$. Come ordine di grandezza deve risultare al massimo la metà dello spessore dell'oggetto, o la distanza dal centro alla superficie, quindi inferiore al centimetro.

7) In un edificio i condotti dell'aria di riscaldamento che arrivano in ciascuna bocchetta hanno diametro 20 cm, ($T_{aria}=12^\circ\text{C}$, velocità 2 m/s), attraversano altre stanze in cui il coefficiente di convezione esterno ai condotti (quello dominante per la dispersione) vale $6 \text{ W/m}^2\text{K}$. Determinare la lunghezza dei condotti che fa perdere al flusso di aria il 50% della sua capacità di refrigerare.

Soluzione:

Si affronta come uno scambiatore di calore con metodo ε -NTU, dove $\varepsilon=50\%$

8) Una sfera di acciaio ($D=30\text{mm}$, $T_0=300^\circ\text{C}$, $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$, $\lambda = 60 \text{ W/m.K}$, $c_p 440 = \text{J/kg.K}$) è investita dall'aria alla velocità di 10 m/s. Calcolare dopo quanto tempo è maneggiabile. Per la convezione utilizzare la relazione $Nu = 2 + [0.40 Re^{1/2} + 0.060 Re^{2/3}] Pr^{2/5} \quad (Re < 10^5)$

Soluzione: Vedi eserciziario cap 12 esercizio 3 e 4

0 33

0	0	5	Esercizio 1	Rankine						
			Tmin °C	45.8	318.8		P kPa	x	h	s
			Pmax bar	175	448	1=LiqSat	10.03396	0	191.7908	0.649116
			Tmax °C	550	823	2	17500	nd (<0)	209.32	"
			Qin	3212.08		3		0		
			L_nu_Tid	1370.33		4		1		
			eta1	42.7%		5	17500	nd (>1)	3421.4	6.423
			etaC	61.3%		6	10.03396	0.770	2033.5	6.423
			eta2	69.6%		VapSat	10.03396	1	2584.624	8.15064

0	0	5	Esercizio 2	flusso		1	2
			diam m	0.1	T °C	20	173
			A m2	0.007854	T K	293	446
			R	286.69	P_ass Pa	101325	401325
			m'	4.930	ro kg/m3	1.206	3.139
			h, H'	173612	w m/s	0	200
			delta_s, S'	27.0	h_tot	294172	467784

0	0	3	Esercizio 3		K	°C	
			T_locale	24	Tinf	279	6 COP/COPi
			T_esterno	32	Tsup	317	44 COPid
			deltaT_ev	18	deltaT	38	COPre
			deltaT_conc	12			Lin W
			Qinf	2000			Qsup W

0	0	5	es4	aria umida			
						Tsat°C	Psat_Pa
						INTERPOLATORE DELL'ACQUA	
			1	2	condensa rugiada1	25	3169
			T °C	28	15	28.0	3815.2
			UR	60%	100%	30	4246
			Psat	3815.2	1705.1	0.01	611.3
			Pvap	2289.1	1705.1	5	872.1
			x	0.0144	0.0106	10	1227.6
			h	64.8	42.0	15	1705.1
						20	2339
			m' kg/s	0.088	0.00033 kg/s	25	3169
			Q' kW	-2	0.02 kg/min	30	4246
			q kJ/kg	-22.839	1.18 kg/ora	35	5628

0	0	7	Esercizio 5	cioccolato			
			12	7			
			volume cm3	150	lambda cioc	0.62	
			lati, cm	20	ro ciocc	997	
			L Re-Nu,m	0.2	Cp	4184	
			T_iniz	50	alfa	1.49E-07	
			T_finale	25	facce	1	
			T_amb	20	Lc per Bi	0.01	
			T_film	28.75	Bi	0.435	
			w_aria	10	lambda1	0.59	
			Ro_aria	1.175	A1	1.03	
			lambda_aria	0.0261	teta	0.17	
			mi_aria	0.000018	Fo	5.23	
			ni_aria	1.53E-05			
			Re	130556	tempo s	3520.28	
			Nu	206.9	tempo min	58.67	
			h	27.0			

variabile in funzione di

0	0	4	es6	barra triangolare				
			L cm	3	ro	2700	h	10
			perimetro m	0.09	Cp	900	Bi	0.000167
			area m2	0.00039	lambda	260	tau	1052.221
			L_Bi	0.00433				
			To	250	deltaT_fin	20	tempo s	2569.9
			T_aria	20	deltaT_0	230	tempo min	42.83
			T_fin	40	teta	0.086957		

0	0	4	Es 7	condotto			
			Diam	0.2	T	12	
			P m	0.628	ro	1.240	
			Area	0.0314	m'	0.0779	Q' W
			w	2	Cp	1005	313.0729
			h	6	NTUreq	0.693	
				L		14.40	

0	0	6	es8	sfere				
			w m/s	10.0	D	0.03	h	72.7
			Taria_ipot	20	lambda acc	60	Biot	0.0061
			To	300	ro acc	7800	tau (=1/b)	236.1
			Tfilm	95	Cp acc	440	Tfine_ipot	40
			ro	0.96041	Re	13852	tempo s	623
			lambda	0.0297	Pr	0.712	tempo min	10.4
			mu	2.08E-05	Nu	73.4		