

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 il 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 $P_a = 1$ atm $\cong 1$ bar, T_a , $w_a = 0$, $A_a = \infty$.

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

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

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

$\Delta s = c_p \ln(T_u - T_a) - R \ln(P_u/P_a)$. 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 $2 \text{ kW} = Q_{entrante} = Q_{inf}$

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:

$$Q' = m' |h_2 - h_1| \text{ da cui si calcola } m'$$

Condensa da bilancio sui flussi di acqua

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

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, finchè

scendono ovunque sotto i 25°C per essere quindi maneggiate senza deformatle. 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 $\epsilon = 50\%$

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 $Nu = 2 + [0.40 Re^{1/2} + 0.060 Re^{2/3}] Pr^{2/5}$ ($Re < 10^5$)

Soluzione: Vedi eserciziario cap 12 esercizio 3 e 4

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	313.0729		
w	2	Cp	1005				
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				