

TESTO

Su ogni foglio consegnato lasciare un'intestazione di alcuni centimetri con scritti COGNOME (in stampatello) poi NOME poi MATRICOLA.

Firmare il foglio presenze anche alla consegna dello svolgimento.

Consegnare: ☐ svolgimento (no brutte copie), ☐ formulario.

NON consegnare: ☐ testo, ☐ tabelle

E' consentito l'uso di: -calcolatrice, -tavole e tabelle, un -formulario (1 pagina A4 F/R)

Specificare:

Tutte le **ipotesi**, **convenzioni**, **semplificazioni** adottate.

Tracciare sempre i **grafici** o **schemi** utili alla comprensione

I risultati privi di sufficiente calcolo/svolgimento/spiegazione non sono ritenuti validi.

Es	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	Ordine	TOT
Punti indicativi	5	5	5	4	4	5	4	1	33

CON SOLUZIONI NUMERICHE

(i risultati variano a seconda delle assunzioni fatte, dati in verde)

1) Una colata di resina plastica avente dimensioni cm 80x160x3 (calore specifico 1.1 kJ/kg.K, conducibilità termica 0.4 W/m.K, densità 1.8 kg/dm³) si scalda per le

Correlazioni suggerite per Re-Nu su lastre piane:

$$Nu = 0.664 Re^{1/2} Pr^{1/3} \quad (Re < 500'000)$$

$$Nu = (0.037 Re^{4/5} - 871) Pr^{1/3} \quad (0.6 < Pr < 60, Re > 5 \cdot 10^5)$$

$$Nu = 0.037 Re^{4/5} Pr^{1/3} \quad (0.6 < Pr < 60, Re >> 5 \cdot 10^5)$$

reazioni interne di polimerizzazione che sviluppano 10 W/kg. La piastra è raffreddata dall'aria che lambisce la piastra con velocità 15 km/h. Disegnare il profilo delle temperature raggiunte a regime calcolandone i valori significativi.

Esercizio Re-Nu piana, parete con generazione interna

L Re-Nu,m	1.6	T_film °C	30	300	303	350			
w_aria km/	15	lambda_ar	0.026522	0.0263	0.026522	0.03			
w_aria	4.17	mi_aria	0.000018	1.85E-05	1.85E-05	1.85E-05			
		Pr	0.701	5					
Re	421249	Ro_aria	1.166						
Nu	371.6								
h	6.2								

Lunghezza	0.8	ro kg/m3	1800	q W/m3	18000		
Larghezza	1.6	Cp J/kgK	1100	Q'totale W	691.2		
spess. cm	3	lambda	0.4	Q' W/faccia	346		
m	0.030	h	6.2	Fi W/m2	270		
A m2	1.3	facce	2	delta	Tamb°C/K	20	293
volume m3	0.0384	L_caratt	0.015	43.8	T superf	63.8	336.8
massa	69.12	q W/kg	10	5.1	T max	68.9	341.9

Con diverse ipotesi

Esercizio Re-Nu piana, parete con generazione interna

L Re-Nu,mh	0.88.7	T_film °C	30	300	303	350
A m2	1.3	facce	1	delta	Tamb°C/K	20293
volume m3	0.0384	L_caratt	0.030	62.0	T superf	82.0355.0
massa	69.12	q W/kg	10	20.3	T max	102.2375.2

2) Una barra di acciaio avente $D = 4$ cm esce da un trattamento metallurgico alla temperatura di 500°C , e viene esposta all'aria ambiente avente velocità di 10 m/s . Determinare per quanto tempo è pericoloso maneggiarla.

Intervallo Re	$Nu_{cilindro} =$
$0.4 \div 4$	$0.989 Re^{0.330} Pr^{1/3}$
$4 \div 40$	$0.911 Re^{0.385} Pr^{1/3}$
$40 \div 4'000$	$0.683 Re^{0.466} Pr^{1/3}$
$4'000 \div 40'000$	$0.193 Re^{0.618} Pr^{1/3}$
$40'000 \div 400'000$	$0.027 Re^{0.805} Pr^{1/3}$

Per Raynolds: $L = \text{Diametro}$

Per Biot, tau: $L = V/A = D/4$

Es X $Bi \ll 1$, Re-Nu cilindrico, raffreddamento barra calda

T_iniz	500	T_finale	40	lambda acc	13
Tfilm	145	Tamb	20	ro acc	7850
ro_aria	0.8	w m/s	10	Cp acc	434
Cp	1007	D=L_Re	0.040	Biot	0.042
lambda	0.036	Re	13061	tau	631
mu	2.45E-05	Nu	60.0	t_finale s	2006
Pr	0.701	h	53.96	t min	33.4

3) Sono date le $T_{\min} = 45^\circ\text{C}$ e $T_{\max} = 550^\circ\text{C}$ e la pressione massima 140 bar di un ciclo Rankine a vapore d'acqua, con pompa ideale e turbina avente rendimento 90%. Disegnare il ciclo nel diagramma T-s allegato. Calcolare i valori delle grandezze nei punti necessari ed i rendimenti del ciclo secondo i due principi della termodinamica.

Esercizio 1 Rankine

			T °C	P kPa	x	h	s
Tmin °C	45	1=LiqSat	45	9.593	0	188.5	0.6387
Pmax bar	140	2	45	14000	nd (<0)	202.5	"
Tmax °C	550	2re				202.5	
etaPpompa	100%	5	550	14000	nd (>1)	3458.95	6.560825
etaTurb	90%	6	45	9.593	0.787	2072.8	6.560825
		6re			0.845	2211.4	
		VapSat	45	9.593	1	2583.2	8.1648

	ideale	reale
Qin	3256.48	3256.48
L_nu	1372.10	1233.49
eta1	42.1%	37.9%
etaC	61.4%	61.4%
eta2	68.7%	61.7%

4) Un compressore azionato da un motore elettrico preleva aria ambiente e la comprime fino alla pressione di 0.6 bar relativi con rendimento 80%. L'aria viene poi scaldata di ulteriori 200°C tramite delle resistenze elettriche, quindi fatta espandere in un ugello isoentropico. Sapendo che il consumo di energia elettrica del compressore è 5 kW, determinare la portata di aria compressa, la potenza necessaria per il riscaldamento, la velocità massima raggiunta. Disegnare il grafico della trasformazione calcolando i valori necessari. Specificare le ipotesi e approssimazioni utilizzate

Si schematizza come sistema aperto. Notare che assomiglia molto ad un ciclo Bryton

Es X	compressore e w ²		1	2 iso	2 reale	3	4
R, Cp	286.69	1003.414	T °C	20	61.6	72.0	272.0
eta	80%		T K	293	334.6	345.0	545.0
l 12 in	52227	5000	P _{ass} Pa	101325	161325	161325	161325
q 23 in	200683	19212	rho kg/m3	1.206	1.682	1.631	1.032
delta h in	252910		v	0.829016	0.594686	0.613186	0.968605
m'	0.0957		w			0	369

5) Una pompa di calore è usata per fornire 2 kW di potenza termica ad una stanza a 21°C mentre all'esterno si hanno 8°C. L'evaporatore necessita di una differenza di temperatura di 7°C per scambiare calore, il condensatore di 30°C. L'efficienza è il 60% di quella di una macchina ideale che lavora tra le stesse temperature estreme del ciclo. Calcolare il COP della macchina reale, i suoi scambi energetici, il costo mensile per un uso di 12 ore/giorno con prezzo dell'energia 0.15€/kWh Disegnare uno o più schemi della macchina per spiegarne il funzionamento.

Es X	pompa calore		K		°C	
COP _{id}	6.48	Lin	514.4	T _{uff}	21	T _{sup}
eta	60%	Q _{sup} W	2000	T _{esterno}	8	T _{inf}
COP _{re}	3.89	Q _{inf} W	1485.6	deltaT _{ev}	7	deltaT
				deltaT _{cor}	30	
€/kWh	0.15	kWh/mese	185.2	costo €	27.78	

6) In un impianto di condizionamento l'aria raffreddata a T₁=10°C e saturata di vapore si mescola a pressione atmosferica con una quantità doppia di aria a T₂=27°C e u.r.₂=70%. Calcolare numericamente temperatura, umidità assoluta (g/kg_{as}) e relativa (%) della miscela formatasi. Specificare se si avrà condensa e perché. Riportare punti e trasformazioni sul diagramma psicrometrico allegato. Riconoscere ed indicare sulle scale del diagramma tutti i valori calcolati numericamente che è possibile indicarli.

Esercizio 1	aria umida mix, no condensa								1
	m' kg/s	T °C	UR	Psat	Pvap	x	h	Trug	
fredda	1	10	100%	1227.6	1227.6	0.0076	29.3		
calda	2	27	70%	3599.8	2519.9	0.0159	67.6		
mix	3	21.4	81%	2569.468	2092.8	0.0131	54.82	18.16	

L'umidità relativa in 3, o il grafico, dicono che non ci sarà condensa

7) In un tubo di rame (diametro esterno 16 mm, spessore 1 mm, rugosità interna 50 micron) scorre una portata di 3 litri al minuto di acqua calda a 60°C, con coefficiente di convezione interno molto elevato. Il tubo è esposto all'aria ambiente con coefficiente di convezione $h=10\text{W/m}^2\text{K}$. Determinare a quale lunghezza del tubo la temperatura dell'acqua si è abbassata di 5°C. Determinare la perdita di pressione lungo tale tratto.

Ipotesi: resistenza termica del tubo di rame trascurabile

Si disegna lo schema e si affronta come uno scambiatore di calore

Es X scambiatori NTU, tubo acqua calda					
Rint mm	7	Tin	60	deltaTml	37.4
Rest mm	8	Tout	55	h	10.0
m' kg/s	0.05	Tamb	20	A m2	2.793
		Q'h20	1046.0	L	55.6
ro kg/m3	1000	D m	0.014	Re	9099
mu @57°C	0.0005	A m2	0.000154	attr	0.03
m' kg/s	0.05	w	0.32	L	55.6
				ro*w2/2	53
				L/D	3972
				deltaP Pa	6291