

### SOLUZIONI

**Scrivere** su ogni foglio consegnato 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	TOT
Punti indicativi	5+2	4	3	5	5	4	5	33

1) Un tubo in alluminio ha il diametro interno  $D_i=13$  mm e spessore 1.5 mm. Trasporta 0.5 litri/s di acqua a  $80^\circ\text{C}$ , con coefficiente di convezione interno molto elevato. Il tubo è rivestito con uno spessore di 1 cm di materiale isolante ( $\rho=100$  kg/m<sup>3</sup>,  $c_p=1800$  J/kg.K,  $\lambda=0.1$  W/m.K), e all'esterno è investito dall'aria a 15 km/h e  $10^\circ\text{C}$ . Determinare la potenza termica dispersa per metro di tubo, le temperature alle varie interfacce.

Calcolare la perdita di pressione nel liquido.

Sp tubo m	1.5	Rmetà	0.008	tubo	0.000165	0.01	80.00
lambda tuk	200	Rest	0.018	<b>Re</b>	<b>10543</b>	isol	1.29129
Sp Isol cm	1	ro	1.23	Pr	0.707	conv est	0.241865
lambda is	0.1	lambda	0.025	Nu	52.7	TOT	<b>1.533321</b>
vento km/h	15	mu	0.0000175	<b>h</b>	<b>36.6</b>	<b>Q'</b>	<b>45.7</b>
ro	1000	m'	0.5	D m	0.013	ro*w2/2	7102
lambda	0.02	A m2	0.0001327	Re	48996	L/D 1m	77
mu	0.001	w	3.77	attr	0.05	<b>deltaP Pa</b>	<b>27316</b>

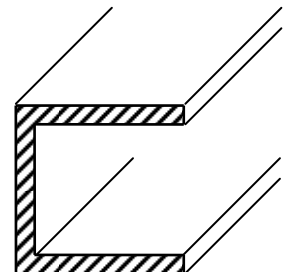
Correlazioni suggerite per Re-Nu attorno a corpi cilindri:

Intervallo Re	Nu=
0.4÷4	$0.989 \text{ Re}^{0.330} \text{ Pr}^{1/3}$
4÷40	$0.911 \text{ Re}^{0.385} \text{ Pr}^{1/3}$
40÷4'000	$0.683 \text{ Re}^{0.466} \text{ Pr}^{1/3}$
4'000÷40'000	$0.193 \text{ Re}^{0.618} \text{ Pr}^{1/3}$
40'000÷400'0	$0.027 \text{ Re}^{0.805} \text{ Pr}^{1/3}$

2) Una barra di alluminio con sezione a C è mantenuta ad una estremità alla temperatura di  $120^\circ\text{C}$ . Determinare quanto deve essere lunga per poter essere considerata di lunghezza infinita, la potenza termica dissipata in tale caso.

Dati: sezione mm 20x20, spessore 3 mm, coefficiente convettivo  $10 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Es X	Aletta,
h W/m2K	10.00
Lato m	0.02
Spessore	0.003
lambda Al	230
Area m2	0.000162
perim m	0.114
m	5.53
1/m (metri)	0.181
L_inf 3/m	0.54
L_inf 5/m	0.90
efficacia	127
Tbase °C	120
Tamb °C	30
Q'_base sc	<b>0.146</b>
Q'_aletta in	18.5



3) Un caminetto incassato nel muro ha forma di cavità con apertura alta cm 90, larga cm 120, profonda 60 cm, ha le pareti interne a  $T_{\text{Cam}} = 160^\circ\text{C}$ , e si affaccia in una stanza avente pianta di 4x5 metri e alta 3 metri. Ipotizzando i coefficienti di emissività tutti pari a 0.90, calcolare il calore scambiato per irraggiamento tra caminetto e stanza. Specificare le ipotesi adottate

caminetto				x		
0.9	L1_stanza	4	T K	A m2	eps	
1.2	L2_stanza	5	Fittizia		1.08	
0.6	H_stanza	3	Cam	433	3.6	0.9
	Area stanz	94	Sta-cam	293	92.9	0.9
160	Tstanza_°C	20				
			F_cs	0.300	F_sc	0.011623
			Q'	1644		x

4) Aria a condizioni ambiente viene scaldata a volume costante fino a  $120^\circ\text{C}$ , quindi compressa isoentropicamente fino a ridurne il volume ad un quinto dell'iniziale, quindi riportata alle condizioni iniziali tramite una trasformazione politropica. Tracciare sul grafico opportuno i punti e le trasformazioni. Identificare e quantificare i vari scambi energetici avvenuti.

Es X	Q, L, politropica					
Mm	29		1	2	3	1
R	286.69	V	1	1	0.20	1.00
Cp	1003.41	P bar	1	1.341	12.77	1.00
Cv	716.72	T °C	20	120	475	20.00
m [kg]	1.0000	T K	293	393	748	293.00
	1.1905	n			1.4	1.582447
		deltaU J		71672.4	254534.5	-326207
		Qin [J]		71672.4	0.0	-59511
		Lin [J]			254534.5	-266696

NB Lavoro politropica  $L_{31} = (p_1 v_1 - p_3 v_3) / (1 - n)$

5) Sono date le  $T_{\text{min}} = 44^\circ\text{C}$  e  $T_{\text{max}} = 600^\circ\text{C}$  e la pressione massima 160 bar di un ciclo Rankine a vapore d'acqua, con pompa e turbina ideali. Disegnare il ciclo nel diagramma T-s allegato. Calcolare i rendimenti del ciclo secondo i due principi della termodinamica.

Esercizio x Rankine			T °C	P kPa	x	h	s
Tmin °C	44	1=LiqSat	44	9.1512	0	184.3	0.62546
Pmax bar	160	2	44	16000	nd (<0)	200.3	"
Tmax °C	600	2re				200.3	
etaPpompa	1	5	600	16000	nd (>1)	3573.5	6.6399
etaTurb	1	6	44	9.1512	0.796	2091.9	6.6399
		6re			0.796	2091.9	
		VapSat	44	9.1512	1	2581.4	8.18324

	ideale	reale
Qin	3373.20	3373.20
L_nu	1465.57	1465.57
eta1	43.4%	43.4%
etaC	63.7%	63.7%
eta2	68.2%	68.2%

6) Una turbina a gas lavora secondo il ciclo Joule-Brayton approssimabile come chiuso, in cui evolve aria inizialmente a condizioni atmosferiche. Noti il rapporto di compressione 12, i rendimenti di compressore e turbina entrambi pari a 85%, la temperatura massima raggiunta durante il ciclo 1400°C, determinare i punti del ciclo, il rendimento del ciclo di 1° e 2° principio spiegandone il significato. Disegnare il grafico rappresentante il ciclo nel piano T-s.

Es X	ciclo bryton	K	°C			
T1 °C	20	T1 [K]	300	27	eta id	50.8%
P1=4 ass	1	T2id [K]	610	337	l'	359.4
P2=3 ass	12	deltaT12id	310.2		q'	1012.1
etaC	85%	deltaT12re	365		eta1	35.5%
etaT	85%	T2re	665	392	etaC	82.1%
Tmax °C	1400	T3	1673	1400	eta2	43.3%
		T4id	823	550		
R kj/kgK	286.7	deltaT34id	850.5			
Cp	1003.4	deltaT34re	723			
		T4re	950	677		

7) In un condizionatore entra nell'unità raffreddante la portata di 0.2 kg/s di aria alla temperatura di 32°C con umidità relativa 70% che viene raffreddata sino a 10°C. Riportare la trasformazione seguita dall'aria sul diagramma psicrometrico allegato. Calcolare la potenza termica asportata e il liquido che eventualmente condensa, il costo mensile per l'uso di 12 ore al giorno (costo energia elettrica 0.10 €/kWh) con una macchina avente COP = 4.

punto	m kg	T °C	UR %	Psat Pa	Pvap Pa	x kg/kg	h kJ/kg
1		32	70%	4741.5	3319.07	0.0211	86.08
2		10	100%	1226.9	1226.95	0.0076	29.26
Q' kW	11.4		m'aria	0.2	delta	0.0134	56.8
L' = Q'/cop	2.8		m'cond	0.002688			
€/mese	102.3						