

Prof. L. Araneo. Esame di Fisica Tecnica e Macchine del 15 Settembre 2016. 8 Cr
 E' consentito l'uso di: -calcolatrice, -tavole termodinamiche, un -formulario (1 pagina A4 F/R)
 Disponibili: tabelle acqua e vapore, proprietà sostanze, abaco Moody

Consegnare: ☐ grafici, ☐ svolgimento (no brutte copie), ☐ formulario
 Segnare il Cognome+Nome su OGNI foglio consegnato.

Specificare: Tutte le ipotesi, convenzioni, semplificazioni adottate.

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

Indicativamente 4 punti ad esercizio (esercizi semplici 3, complessi 5-6). Il punteggio di ogni esercizio svolto viene influenzato da (indicativamente): procedura totalmente scorretta -100%, risultati numericamente errati -40%, spiegazioni assenti -40%, grafici assenti -40%, mancata esplicitazione ipotesi -20%...

-----Inizio esame 3h, esercizi 1-8-----

1) Un tubo in acciaio ha il diametro interno $D_i=25$ mm e spessore 1 mm. Trasporta acqua calda a 50°C , con coefficiente di convezione interno molto elevato. E' rivestito con uno spessore di 2 cm di materiale isolante ($\rho=60 \text{ kg/m}^3$, $c_p=1800 \text{ J/kg.K}$, $\lambda=0.06 \text{ W/m.K}$), e all'esterno è investito dal vento a 15 km/h e 5°C . Determinare la potenza termica dispersa per metro di tubo e le temperature alle varie interfacce.

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	$0.027 \text{ Re}^{0.805} \text{ Pr}^{1/3}$

Es 1				tubo isolato Re-Nu		Ri	deltaT	Ti	
D_int mm	25	Rint	0.0125	w	4.17	conv int	0	0.00	50
Sp tubo m	3	Rmetà	0.0155			acciaio	0.000571	0.01	50.00
lambda tut	60	Rest	0.0355	Re	20793	isol	2.199291	41.96	49.99
Sp Isol cm	2	ro	1.23	Pr	0.707	conv	0.158961	3.03	8.03
lambda is	0.06	lambda	0.025	Nu	80.1	TOT	2.358822	45	5.00
vento km/h	15	mu	1.75E-05	h	28.2	Q'	19.1		5

2) Un lamiera in acciaio avente dimensioni spessore 5 mm, larghezza 40 cm, 2 metri, inizialmente a $T=300^\circ\text{C}$ è raffreddata da un flusso d'aria a 8 m/s . Determinare dopo quanto tempo può essere maneggiata.

Correlazioni suggerite per il numero di Nusselt su lastre piane: (motivare la scelta)

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

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

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

Esercizio 1 Bi<<1, Re-Nu piana, striscia									
Tfilm [K]	320	w m/s	8	lambda_ac	60	Biot	0.000728		
ro_aria	1.104472	L_Re m	0.400	ro-acc	7900	Tau	508.53		
Cp	1.014	Spessore	0.005	Cp_acc	450	T_infinito	25		
lambda	0.02778	Re	182143	L	x	T_iniz	300		
mu	1.94E-05	Nu	251.6	facce	2	T_ok	40		
Pr	0.7	h	17.48	L_biot	0.0025	t_ok [s]	1479		24.7

3) Una pizza si trova in un forno a legna con volta emisferica. Ipotizzando la temperatura della volta pari a 300°C , l'aria sulla pizza a 150°C con coefficiente convettivo $h=10$, i coefficienti di emissione tutti pari a 0.8, confrontare i flussi termici che la pizza riceve per convezione e irraggiamento

Esercizio pizza			
D forno	2	T K	
T pareti	300	A m2	
T aria	150	eps	
h	10	Forno	573
D pizza	0.3	aria	423
Tpizza	20	Pizza	293
		Q' irr	362
		Q'conv	91.8

4) Dell'aria compressa che si trova in un recipiente alla pressione di 7 bar relativi, alla temperatura pari a quella dell'ambiente, fluisce poi in condizioni isoterme in un tubo avente diametro 20 mm, al termine del quale ha perso 1 bar di pressione, e la velocità è 100 m/s. Determinare (se vi è stato) lo scambio di calore con l'ambiente, e la lunghezza del tubo.

Es 4 Q L deltaU W									
P1 bar ass	7	Tamb K	293	w1	85.7	0	250	293	
D mm	20	P2 ass	6.00	q_in J/kg	1326.5	5000.0	0.0223	0.0257	
w2 m/s	100	ro1	8.33	Q' in W	298	1121	1.60E-05	1.60E-05	
R	286.6897	ro2	7.14	delta_s ga:	44.19		4	1.21	
Cp	1003.414	A m2	0.00031	deltaS'gas	9.91				
mi	1.60E-05	m'	0.224	deltaS aml	-1.02	-3.83			
			deltaStot	8.90					
Re	895094	deltaP	100000						
lambda	0.03	L/D	93.3						
r w^2/2	35714.3	L m	1.9						

5) Sono date le $T_{\min} = 50^{\circ}\text{C}$ e $T_{\max} = 500^{\circ}\text{C}$ e la pressione massima 180 bar di un ciclo Rankine a vapore d'acqua, con pompa e turbina isoentropiche. 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.

Es x Rankine									
Tmin °C	50	1=LiqSat	T °C	P kPa	x	h	s	ideale	
Pmax bar	180	2	50	12.349	0	209.3	0.7038	Qin	3063.25
Tmax °C	500	2re	50	18000	nd (<0)	227.4	"	L_nu_Tid	1281.96
etaPpomp:	1	5	500	18000	nd (>1)	3290.6	6.21525	eta1	41.8%
etaTurb	1	6	50	12.349	0.748	1990.6	6.21525	etaC	58.2%
		6re			0.748	1990.6		eta2	71.9%
		VapSat	50	12.349	1	2592.1	8.0763		

6) Una pompa di calore è usata per fornire 8 kW di potenza termica ad un appartamento da mantenere a 21°C mentre all'esterno si hanno 7°C . L'evaporatore necessita di una differenza di temperatura di 6°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 ed i suoi scambi energetici. Disegnare uno o più schemi della macchina per spiegarne il funzionamento.

Esercizio 1 pompa calore									
COPid	6.48	Lin	2057.6	T_app	21	Tsup	324	51	
eta	60%	Q'sup W	8000	T_esterno	7	Tinf	274	1	
COPre	3.89	Q'inf W	5942.4	deltaT_ev	6	deltaT	50		
			deltaT_cor	30					

7) All'interno di un'automobile 0.05 kg/s di aria entra nell'unità raffreddante del condizionatore alla temperatura di 28°C con umidità relativa 60% e ne esce a 10°C e satura di umidità. Riportare la trasformazione seguita dall'aria sul diagramma psicrometrico allegato. Calcolare la potenza termica asportata e il liquido che eventualmente condensa

Es 7 aria umida condensa							
punto	m kg	T °C	UR	Psat	Pvap	x	h
1		28	60%	3770.6	2262.34	0.0142	64.39
2		10	100%	1226.9	1226.95	0.0076	29.26
Q'	1.8		m'aria m'cond	0.05 0.000329	delta	0.0066	35.1

8) In un tubo di rame (diametro esterno 15 mm, spessore 1 mm) scorre una portata di 3 litri al minuto di acqua calda a 50°C, con coefficiente di convezione interno molto elevato. Il tubo è esposto all'aria ambiente con coefficiente di convezione $h=15 \text{ W/m}^2\text{K}$. Determinare a quale lunghezza del tubo la temperatura dell'acqua si è abbassata di 2°C.

Esercizio scambiatori NTU, tubo acqua calda					
Rint	6.5				
Rest	7.5	deltaTml	29.0		
m' kg/s	0.05	Q'h20	418.4		
Tin	50	h	15.0		
Tout	48	A m2	0.962		296
Tamb	20	L	20.4		