

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  $50^\circ\text{C}$ , 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  $15 \text{ km/h}$  e  $5^\circ\text{C}$ . 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 tuk	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	<b>2.358822</b>	45	5.00
vento km/h	15 mu	1.75E-05 h	<b>28.2</b>	Q'	<b>19.1</b>		<b>5</b>

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  $8 \text{ m/s}$ . 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	<b>17.48</b>	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  $300^\circ\text{C}$ , l'aria sulla pizza a  $150^\circ\text{C}$  con coefficiente convettivo  $h=10$ , i coefficienti di emisioni tutti pari a a 0.8, confrontare i flussi termici che la pizza riceve per convezione e irraggiamento

Esercizio pizza		T K	A m2	eps	
D forno	2	Forno	573	6.28	0.9
T pareti	300	aria	423		
T aria	150	Pizza	293	0.07065	0.9
h	10	<b>Q' irr</b>	<b>362</b>		
D pizza	0.3	<b>Q' conv</b>	<b>91.8</b>		
Tpizza	20				

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	<b>Q' in W</b>	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	<b>m'</b>	<b>0.224</b>	deltaS aml	-1.02	-3.83		
		<b>deltaStot</b>		<b>8.90</b>				
Re	895094	deltaP	100000					
lambda	0.03	L/D	93.3					
r w^2/2	35714.3	L m	<b>1.9</b>					

5) Sono date le  $T_{min} = 50^{\circ}C$  e  $T_{max} = 500^{\circ}C$  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						ideale	
		T °C	P kPa	x	h	s			
Tmin °C	50	1=LiqSat	50	12.349	0	209.3	0.7038	Qin	3063.25
Pmax bar	180	2	50	18000	nd (<0)	<b>227.4</b>	"	L_nu_Tid	1281.96
Tmax °C	500	2re				227.4		<b>eta1</b>	<b>41.8%</b>
etaPpompa	1	5	500	18000	nd (>1)	3290.6	6.21525	etaC	58.2%
etaTurb	1	6	50	12.349	<b>0.748</b>	<b>1990.6</b>	6.21525	<b>eta2</b>	<b>71.9%</b>
		6re			<b>0.748</b>	1990.6			
		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		K	°C			
<b>COPid</b>	<b>6.48</b>	Lin	2057.6	T_app	21	Tsup	324	51
eta	60%	Q'sup W	8000	T_esterno	7	Tinf	274	1
<b>COPre</b>	<b>3.89</b>	Q'inf W	<b>5942.4</b>	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		