



POLITECNICO DI MILANO

DIPARTIMENTO DI ENERGIA

SISTEMI ENERGETICI PER INGEGNERIA FISICA

04/02/2020

Allievi fisici

Allegare alle soluzioni il presente testo indicando (in STAMPATELLO):

NOME E COGNOME.....

Tempo a disposizione: 2 ore 30 minuti

Leggere attentamente le avvertenze: Indicare chiaramente nome e cognome su tutti i fogli da consegnare. Rispondere brevemente ma con chiarezza solamente ai quesiti posti, evidenziando le necessarie unità di misura. Calcoli e spiegazioni - pur corretti in sé - che non rispondono ai quesiti posti non saranno considerati ai fini della valutazione del compito. Nel caso sia richiesta una soluzione grafica indicare con chiarezza sui grafici allegati la soluzione proposta.

Tenere spenti i telefoni cellulari, non usare appunti, dispense, etc. Riportare i risultati richiesti su questo foglio e procedimento/calcoli intermedi sul foglio a quadretti.

Punteggio: Punteggio totale pari a 35. Il docente si riserva di normalizzare i risultati in trentesimi con coefficienti correttivi in base all'esito medio delle risposte date.

Dati per la risoluzione dei quesiti

Costante universale dei gas $\mathfrak{R} = 8314 \text{ J/(kmol} \cdot \text{K)}$, Accelerazione gravità $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

□ ESERCIZIO 1 (punti 6)

Una macchina idraulica elabora un fluido incompressibile (densità $\rho=800 \text{ kg/m}^3$, $c=2500 \text{ J/kg/K}$). La pressione in ingresso è 19 bar mentre allo scarico la pressione è 3 bar. La velocità in ingresso V_1 è 2 m/s, la superficie di ingresso è 0.1 m^2 , mentre il rapporto tra le sezioni di ingresso e uscita (S_1/S_2) è 3. Il rendimento idraulico della macchina è 0.82. Supponendo la differenza di quota tra ingresso e uscita trascurabile, si determini:

- la velocità allo scarico della macchina;
- il lavoro ideale in caso di assenza di irreversibilità della macchina;
- il lavoro reale scambiato con l'esterno e se la macchina è operatrice o motrice;
- la differenza di temperatura a cavallo della macchina;
- Nel caso in cui la macchina sia motrice è possibile sostituirla con un ciclo termodinamico operante tra 350°C e 25°C che riceve una potenza termica di 400 kW? Nel caso in cui la macchina sia operatrice è possibile fornire la potenza richiesta tramite lo stesso ciclo?

□ ESERCIZIO 2 (punti 7)

Si consideri il ciclo Rankine surriscaldato rigenerativo (rigeneratore a miscela) riportato in figura di cui si conoscono le seguenti caratteristiche:

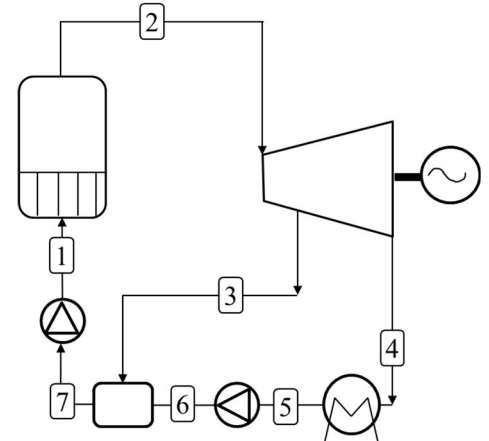
- Condizioni del vapore surriscaldato: $T_2=547^\circ\text{C}$ $P_2=100 \text{ bar}$
- Condizioni del vapore spillato: $h_3=3100 \text{ kJ/kg}$, $P_3=10 \text{ bar}$
- Uscita dal rigeneratore: liquido saturo a $P_7= 10 \text{ bar}$
- Titolo allo scarico della turbina pari a 0.9 ($x_4=0.9$)
- Uscita dal condensatore: liquido saturo a $P_5=0.1 \text{ bar}$ ($h_5=191.81 \text{ kJ/kg}$)

Assumendo:

- Rend. idraulico e meccanico-elettrico delle pompe pari a 77% e 94%
- Le trasformazioni 1-2 e 4-5 isobare e $P_3=P_6=P_7$
- Potenza termica del gen. di vapore pari a 650 MW_t
- Liquido ideale in 7→1 e 5→6 ($\rho=995 \text{ kg/m}^3$)
- Rend. Meccanico-elettrico del generatore elettrico 97%

Si chiede di:

- Calcolare condizioni di mandata delle pompe (h_6 e h_1)
- Rappresentare i punti del ciclo sul piano T-s
- Calcolare la portata entrante nel generatore di vapore
- Calcolare la portata dello spillamento rigenerativo
- Calcolare la potenza elettrica netta e rend. elettrico netto

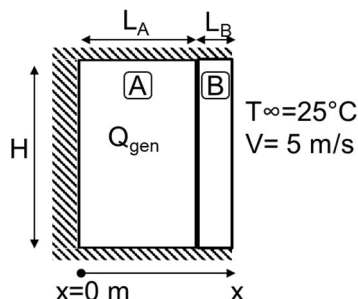


□ **ESERCIZIO 3 (punti 7)**

Un parallelepipedo di materiale (A) ($k_A=0.5 \text{ W/m/K}$) a sezione quadrata ($H=2.5 \text{ m}$) e larghezza $L_A=10 \text{ cm}$ è sede di una generazione di potenza volumetrica di 2 kW/m^3 . Uno strato di materiale (B) ($L_B=3 \text{ cm}$) con conduttività termica di 0.3 W/m/K è posto sulla sua superficie. Tutte le superfici sono adiabatiche eccetto la superficie esterna di B che è lambita da aria a 25°C alla velocità di 5 m/s . Il contatto tra i due materiali implica una resistenza di contatto di 0.0032 K/W . Si chiede di (condizioni stazionarie):

- Calcolare il coeff. di scambio termico convettivo e la T della sup. esterna di B
- Calcolare la resistenza termica dello strato B
- Disegnare il profilo di $T(x)$ identificando la temperatura massima del sistema

Correlazione per convezione forzata per lastra piana (lunghezza caratteristica pari a H).



$Nu = (0.037 * Re^{0.8} - 871) Pr^{\frac{1}{3}}$	
$c_p \text{ [J/kg/K]}$	1010.1
$k \text{ [W/m/K]}$	0.030
$\mu \text{ [Pa*s]}$	2.13E-05
Densità $\text{[kg/m}^3\text{]}$	0.9853

□ **QUESITO 4 (Rispondere ad una sola delle due domande) (punteggio 7.5)**

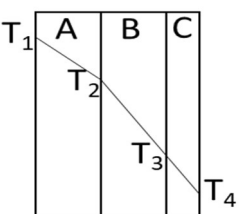
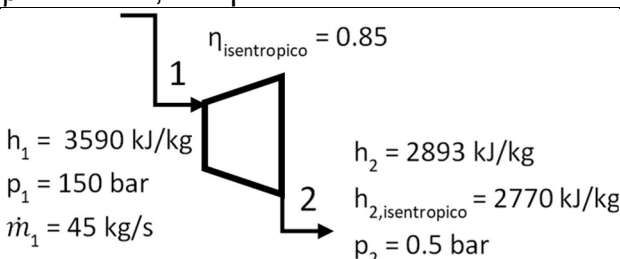
1- Ricavare l'equazione generale dello scambio termico per conduzione (3D, generazione di potenza, instazionario). Applicare l'equazione ricavata per determinare il profilo di T per una lastra piana 1D con sottrazione uniforme di potenza e T uguali imposte agli estremi.

2- Discutere l'approccio a parametri concentrati per la risoluzione di problemi di scambio termico in condizioni non stazionarie.

QUESITO 5 (DOMANDE A RISPOSTA GUIDATA) (punteggio 7.5)

Rispondere alle seguenti 15 domande a risposta guidata. Segnare la casella relativa alla **sola risposta corretta** (0.5 punto per risposta corretta, -0.125 punti se sbagliata).

Se si scalda di un dato ΔT , 1 kg di elio (He) e 1 kg di azoto (N_2) a pressione costante: $MM_{He}=4 \text{ kg/kmol}$ $MM_{N_2}=28 \text{ kg/kmol}$	<input checked="" type="checkbox"/> $Q_{He} > Q_{N_2}$ $Q \text{ [J]}$ <input type="checkbox"/> $Q_{He} < Q_{N_2}$ <input type="checkbox"/> $\Delta \rho_{He} > \Delta \rho_{N_2}$ <input type="checkbox"/> $\Delta \rho_{He} = \Delta \rho_{N_2}$
Si vuole comprimere 0.5 kg/s di gas perfetto ($c_p=0.5 \text{ J/kg/K}$) dalla $P_1=1 \text{ bar}$ a $P_2=10 \text{ bar}$: $T \rightarrow$ Temperatura $s \rightarrow$ entropia	<input type="checkbox"/> Se $T_1=T_2$ (compr. Isoterma) allora potenza=0 <input checked="" type="checkbox"/> Se $T_1=T_2$ allora potenza < potenza ($s_1=s_2$) <input type="checkbox"/> Se $s_1=s_2$ allora $T_1 > T_2$ <input type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti

Il teorema di Buckingham, applicato al fenomeno di convezione forzata:	<input type="checkbox"/> E' valido solo in condizioni stazionarie <input checked="" type="checkbox"/> Garantisce esistenza di legame tra Nu , Pr , Re <input type="checkbox"/> Definisce esattamente la funzione $Nu=f(Pr, Re)$ <input type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti
Il numero di Grashof è: $T_s \rightarrow$ Temp. Superficie $L_c \rightarrow$ Lunghezza caratteristica $P \rightarrow$ Pressione	<input type="checkbox"/> $g\beta(T_s - T_\infty)L_c^3/(\mu/\rho)$ <input checked="" type="checkbox"/> Per gas perfetto è $f(P, T_\infty, T_s, L_c)$ <input type="checkbox"/> $Ra \cdot Pr$ <input type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti
	<input type="checkbox"/> $R_{cond,A} > R_{cond,B}$ <input type="checkbox"/> $k_A < k_B$ (k = conduttività termica) <input type="checkbox"/> $R_{cond,B} = R_{cond,C}$ <input checked="" type="checkbox"/> $k_B = k_C$
L'aumento della temperatura massima di un ciclo Joule Brayton ideale implica (a pari T_{Min} , rapporto di compressione e gas):	<input type="checkbox"/> Aumento titolo vapore allo scarico della Turb. <input type="checkbox"/> Un aumento del rendimento <input checked="" type="checkbox"/> Un aumento del lavoro specifico <input type="checkbox"/> Una riduzione del lavoro del compressore
Dato un cilindro solido sede di una generazione di potenza rivestito da 2 strati. Se la superficie della parete esterna è mantenuta a T_{EXT} : $R_T \rightarrow$ Resistenza term.	<input checked="" type="checkbox"/> La T_{MAX} si trova sempre nello strato interno <input type="checkbox"/> R_T degli strati esterni dipende da ρ <input type="checkbox"/> Profilo T nei 3 strati è lineare <input checked="" type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti
In un ciclo combinato: $\eta_{CC} \rightarrow$ rendimento ciclo combinato $\eta_{TG} \rightarrow$ rendimento turbina a gas $\eta_{VAP} \rightarrow$ rendimento ciclo a vapore	<input type="checkbox"/> $\eta_{CC} \uparrow$ sempre se $P_{EVA} \uparrow$ <input type="checkbox"/> $\eta_{CC} = \eta_{VAP} \cdot \eta_{TG}$ <input type="checkbox"/> $\eta_{CC} = (W_{el,TG} + W_{el,vap})/Q_{in,vap}$ <input checked="" type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti
1 kg/s di un fluido entra in un tubo. Se il fluido viene riscaldato e ρ [kg/m ³]=1000- $a \cdot T$ ($a > 0$), durante il transitorio di riscaldamento: $\rho \rightarrow$ densità, $m \rightarrow$ portata massica	<input type="checkbox"/> Portata volumetrica rimane costante <input type="checkbox"/> m rimane costante $m(t=0) = m(t > 0)$ <input checked="" type="checkbox"/> $m(t=0) < m(t > 0)$ <input type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti
	<input type="checkbox"/> $P = 36900$ kW <input type="checkbox"/> $P = 43412$ kW <input type="checkbox"/> $P = 26660$ kW <input checked="" type="checkbox"/> $P = 31365$ kW
Per un ciclo termodinamico reale che opera tra T_{min} e T_{max} :	<input type="checkbox"/> Può essere che $\eta > 1 - T_{min}/T_{max}$ <input checked="" type="checkbox"/> Può essere $\eta_{II} > 1 - T_{min}/T_{max}$ <input type="checkbox"/> $L_{reale} > L_{Carnot}$ solo se $Q_{in, reale} < Q_{in, Carnot}$ <input type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti
Due sfere identiche ma di materiali differenti (A e B) si trovano alla stessa T ($t=0$). Vengono lambite dalla stessa corrente d'aria: $T(t=0) < T_\infty$ e $Bi < 0.1$	<input type="checkbox"/> $T(t)$ è uguale per A e B <input type="checkbox"/> Se $T_A > T_B \rightarrow \Delta U_B > \Delta U_A$ solo se $(\rho c)_A > (\rho c)_B$ <input checked="" type="checkbox"/> Se $(Bi \cdot Fou)_A > (Bi \cdot Fou)_B \rightarrow T_A(t) > T_B(t)$ <input type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti
In un piano T [K] - s [J/mol/K]: $JT \rightarrow$ Joule-Thomson	<input checked="" type="checkbox"/> iso- p di tutti gas perfetti monoatom. coincidono <input type="checkbox"/> coeff. JT è la pendenza della tangente a iso- p <input type="checkbox"/> Area sottesa a una trasform. rev. è il lavoro <input type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti
Per un piolo metallico (diametro $\rightarrow 0$ m) con estremità mantenute a $40^\circ C$, immerso in aria a $9^\circ C$ ($h = 3$ W/m ² K), si può calcolare la T nella sezione mediana approssimandolo a:	<input type="checkbox"/> Un'aletta infinita <input type="checkbox"/> Un'aletta con apice adiabatico <input type="checkbox"/> Due alette infinite <input checked="" type="checkbox"/> Due alette con apice adiabatico

In un ciclo Rankine a vapore:

TV → turbina a vapore

W_{EL} → Potenza elettrica

Q_{COND} → Potenza termica al condensatore

la rigenerazione fa aumentare la T media di introduzione del calore

W_{EL} prodotta è sempre maggiore del Q_{COND}

la P_{MIN} del ciclo è pari a quella atmosferica

l'aumento di P_{MAX} fa aumentare il $X_{OUT,TV}$

© Department of Mechanical Engineering, Stanford University

