



POLITECNICO DI MILANO

DIPARTIMENTO DI ENERGIA

SISTEMI ENERGETICI PER INGEGNERIA FISICA (Prova Online)

10/07/2020

Allievi fisici

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

NOME E COGNOME.....

Tempo a disposizione: 2 ore

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 $R = 8314 \text{ J/(kmol}\cdot\text{K)}$

□ ESERCIZIO 1

Si studino le caratteristiche del ciclo Rankine (fluido di lavoro acqua, $T_{\text{critica}}=374^\circ\text{C}$ – $P_{\text{critica}}=220 \text{ bar}$) riportato in figura la cui potenza termica in ingresso è 150 MW ($T_{\text{MAX}}=550^\circ\text{C}$, $P_{\text{MAX}}=120 \text{ bar}$, $T_{\text{MIN}}=33^\circ\text{C}$, $P_{\text{MIN}}=0.05 \text{ bar}$).

L'entalpia in ingresso alla turbina è 3481.7 kJ/kg e il salto entalpico isoentropico è 1452.97 kJ/kg. La turbina ha un rendimento isoentropico pari a 0.87 mentre il rendimento meccanico e il rendimento elettrico sono rispettivamente pari a 0.99 e 0.98.

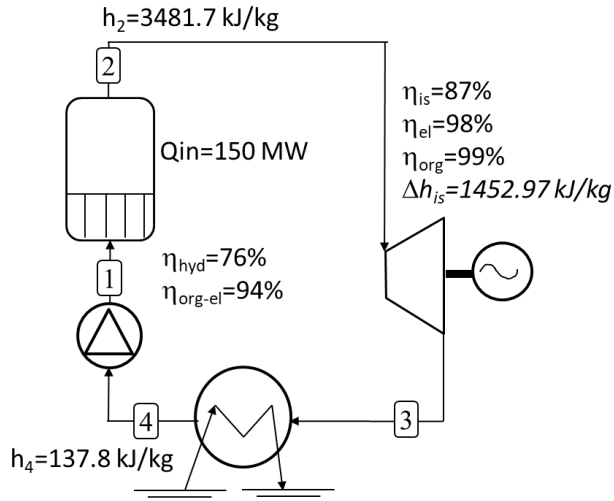
Il flusso all'uscita del condensatore è in condizioni di liquido saturo (137.8 kJ/kg). La potenza termica di condensazione è ceduta ad una portata di acqua proveniente dal mare (assunto come liquido incompressibile a $c=4.2 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$) che si scalda di 10°C .

La pompa di alimento del ciclo Rankine è caratterizzata da un rendimento idraulico pari a 0.76 e un rendimento meccanico-elettrico pari a 0.94.

Assumendo che l'acqua elaborata dalla pompa di alimento possa essere approssimata ad un liquido incompressibile di densità pari a 994.7 kg/m^3 .

Si chiede di:

- Calcolare l'entalpia in ingresso alla caldaia
- Calcolare la portata di acqua circolante nel ciclo
- Calcolare la potenza netta e il rendimento del ciclo
- Calcolare il titolo allo scarico della turbina ($h_{\text{vs}}(@T_{\text{MIN}})=2560.77 \text{ kJ/kg}$);
- Rappresentare qualitativamente su un diagramma T-s le trasformazioni che costituiscono il ciclo
- Calcolare la portata di acqua di mare utilizzata dal condensatore
- A pari potenza termica in ingresso quale sarebbe la massima potenza netta producibile con un ciclo che lavori tra la stessa T_{MAX} e T_{MIN} .



□ ESERCIZIO2

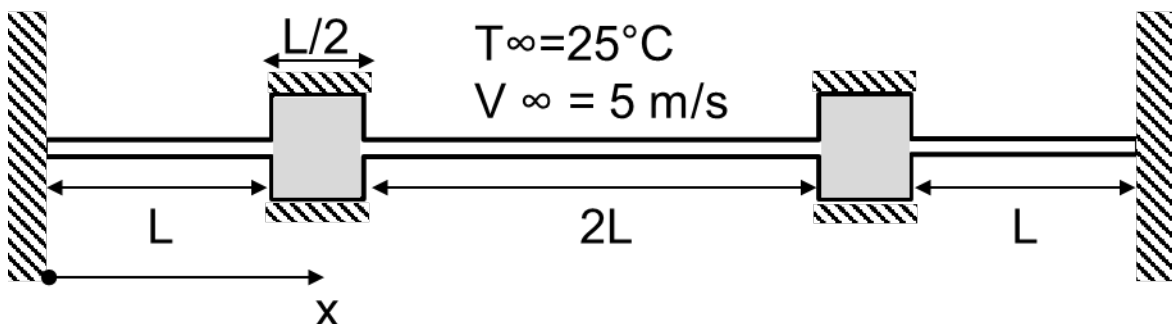
Considerare il sistema riportato in figura.

Due componenti elettronici identici (cubi di lato $L/2$) sono sede di una generazione di potenza ($q_{\text{GEN}} = 3 \text{ MW/m}^3$). I due componenti sono collegati tra di loro da un elemento cilindrico ($k_{\text{coll}} = 55 \text{ W/m/K}$) di diametro pari a 2 mm e lunghezza $2L$ mentre due cilindri dello stesso materiale e diametro e lunghezza L assicurano il collegamento con due pareti adiabatiche. I collegamenti cilindrici sono lambiti da aria a 25°C alla velocità di 5 m/s, mentre, per la superficie libera del componente elettronico si assuma un coefficiente pari a $30 \text{ W/m}^2/\text{K}$.

Tutte le facce di ogni cubo, ad eccezione delle 2 interessate dal collegamento, sono adiabatiche.

Assumendo L pari a 1 cm, si calcoli (cond. stazionarie – giustificando l'approccio adottato):

- la potenza termica dissipata complessivamente dal sistema
- il coefficiente di scambio termico convettivo della superficie cilindrica
- la temperatura della superficie esterna dei cubi a contatto con l'aria
- A pari h_{coll} , se la $k_{\text{coll}} \rightarrow \infty$, quale sarebbe la $T(x=L)$?



Correlazione per convezione forzata per cilindro (lunghezza caratteristica diametro) e proprietà dell'aria

Intervallo Numero Re	Convezione Forzata	Proprietà aria	
0.4-40	$Nu = 0.989 Re^{0.33} Pr^{1/3}$		Valore
4-40	$Nu = 0.911 Re^{0.385} Pr^{1/3}$	c_p [J/kg/K]	1006
40-4000	$Nu = 0.683 Re^{0.466} Pr^{1/3}$	μ [10^{-6} Pa*s]	18.5
4000-40000	$Nu = 0.193 Re^{0.618} Pr^{1/3}$	k [10^{-3} W/m/K]	25.85
40000-400000	$Nu = 0.027 Re^{0.805} Pr^{1/3}$	densità [kg/m3]	1.169

□ **QUESITO 3 (Rispondere ad una sola delle due domande) (punteggio 7.5)**

1- Descrivere il diagramma h-s per un fluido puro generico. Evidenziare in che zona il comportamento può essere assimilato a quello di gas ideale. Descrivere l'andamento delle isobare.

2- Partendo dalla descrizione di un ciclo saturo ideale, si descriva l'effetto del surriscaldamento e dell'innalzamento della pressione massima sulle prestazioni di un ciclo Rankine.

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, -0.2 punti se sbagliata).

Per un fluido incompressibile:	L'entropia non cambia lungo una trasformazione isobara Il coefficiente Joule-Thomson è sempre <0 L'entalpia è funzione di P e T	<input type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> falso <input checked="" type="checkbox"/> vero <input type="checkbox"/> falso <input checked="" type="checkbox"/> vero <input type="checkbox"/> falso
Un ciclo JB chiuso a He (gas perfetto $M=4$ kg/kmol) con β di 12: $\beta \rightarrow$ Rapp. di compressione	Se il ciclo è ideale allora $\eta=0.37$ La differenza di T a cavallo dell'espansione dipende solo da β Se il ciclo è reale il η aumenta sempre se $\beta \uparrow$	<input type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> falso <input type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> falso <input type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> falso
Un cavo elettrico (diametro D) è rivestito da uno strato di spessore s di isolante:	A pari h, la temperatura massima del cavo aumenta sempre se s \uparrow A pari h, se spessore \downarrow la resistenza termica convettiva \uparrow La potenza termica scambiata dipende dallo spessore s	<input type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> falso <input checked="" type="checkbox"/> vero <input type="checkbox"/> falso <input type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> falso
Una sfera di metallo ($k=395$ W/m/K, $\rho=6500$ kg/m ³ , $c=385$ J/kg/K) a $T_{iniziale}=60^\circ\text{C}$ è immersa in vasca d'olio ($T=100^\circ\text{C}$, $h=20$ W/m ² /K):	Se $D < 1$ cm \rightarrow T finale è calcolabile con approccio a par. concentrati A pari $T_{iniziale}$ (uniforme nel volume), l'energia interna iniziale dipende da D^3 solo se Biot < 0.1 Dopo 1 minuti, se $D=1$ cm $\rightarrow T_{finale} \approx 70^\circ\text{C}$	<input checked="" type="checkbox"/> vero <input type="checkbox"/> falso <input type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> falso <input checked="" type="checkbox"/> vero <input type="checkbox"/> falso
Il coefficiente di Joule Thomson:	Per gas perfetto è sempre 0 indipendentemente da P E' espresso in Pa/K Esprime la pendenza delle isoentalpiche su un piano T-s	<input checked="" type="checkbox"/> vero <input type="checkbox"/> falso <input type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> falso <input type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> falso