



POLITECNICO DI MILANO

DIPARTIMENTO DI ENERGIA

SISTEMI ENERGETICI PER INGEGNERIA FISICA

05/07/2017

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.

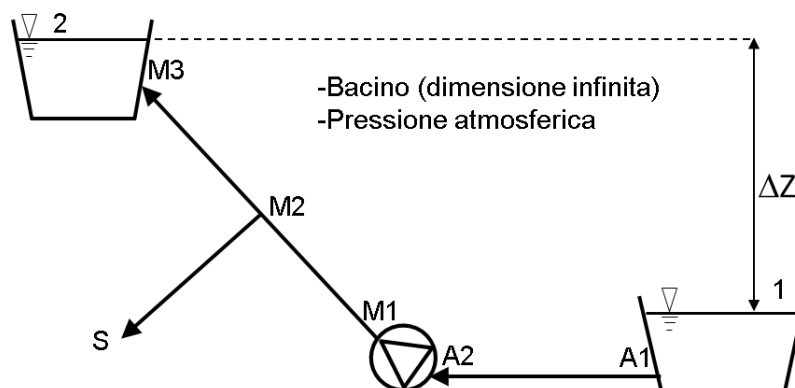
Punteggio: Punteggio totale pari a 35. Il docente si riserva di normalizzare i risultati in trentesimi con coefficienti correttivi in base all'esito medio delle risposte date.

Dati per la risoluzione dei quesiti

Costante universale dei gas $\mathcal{R} = 8314 \text{ J}/(\text{kmol}\cdot\text{K})$, densità acqua = $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$, $c_{\text{acqua}}=4.2 \text{ kJ}/\text{kg}/\text{K}$, $\mu_{\text{acqua}}=1.14\text{E-}03 \text{ Pa}\cdot\text{s}$

□ **ESERCIZIO 1 (punti 5)**

La portata di acqua elaborata dalla pompa, che garantisce la circolazione del sistema in figura, è pari a $50 \text{ m}^3/\text{h}$. Il 50% della portata viene deviato in un condotto secondario (M2-S). Il tubo di aspirazione e i due tratti principali della mandata hanno tutti un diametro di 12.5 cm e lunghezza di 85 m. La scabrezza assoluta è uguale per tutti i tubi ($\varepsilon=0.025 \text{ mm}$). Il coefficiente di attrito "f" è calcolabile con il diagramma allegato.



Ogni tubo ha una perdita di carico concentrata (k) pari a 7 altezze cinetiche. Sapendo che a cavallo della pompa (M1-A2) si ha un incremento di pressione di 10 bar e di temperatura di 0.075 K (mentre la velocità e la quota del fluido rimangono inalterate), si chiede di:

- Calcolare le velocità nei condotti
- Riportare sul diagramma il valore di f
- Stimare le perdite dell'impianto del condotto di aspirazione (A2-A1) e dei due tubi di mandata (M1-M2 e M2-M3)
- Calcolare il rendimento idraulico della pompa
- Calcolare la potenza elettrica della pompa (rendimento organico elettrico è di 97.5%)

□ ESERCIZIO 2 (punti 5)

Una portata (12.5 kg/s) di fluido R1233-zd ($MM=130.5$ kg/kmol) (vedi diagramma T-s allegato) si trova in condizioni critiche ($T_1=165.6^\circ\text{C}$). Il fluido subisce in successione un'espansione isoterma reversibile (fino a $P_2=2$ bar), un'espansione isoentropica fino allo stato 3 (con densità pari a $\rho_3=2$ kg/m³) e una compressione isoterma reversibile fino alla pressione $P_4=10$ bar. Si chiede di:

- Rappresentare le trasformazioni (sul diagramma T-s allegato)
- Verificare se il fluido nello stato 3 ha un comportamento volumetrico assimilabile a quello di gas perfetto con un errore inferiore al 3%. (Assumere $P_3=0.507$ bar)
- Calcolare la potenza termica e la potenza meccanica delle 3 singole trasformazioni

ESERCIZIO 3 (punti 6)

Si consideri un chip elettronico a base quadrata (lato $L=3.5$ cm e spessore trascurabile) che genera una potenza di 25 W appoggiato su una pavimento adiabatica. Sulla superficie superiore è incollata una protezione in lega di alluminio (spessore 3 mm, $k_{al}=180$ W/m/K). All'interfaccia chip/alluminio è associata una resistenza di contatto di $1.0e-4$ m²K/W. Si trascuri lo scambio termico radiativo. Con l'obiettivo di mantenere la temperatura del chip a 85°C si chiede di (assumendo la monodimensionalità del problema):

- Determinare la differenza di temperatura nell'interfaccia chip/alluminio
- Determinare la temperatura sulla superficie superiore della protezione di alluminio
- Determinare il coefficiente di scambio termico convettivo necessario
- Assumendo la temperatura dell'aria pari a 20°C , determinare se è sufficiente la convezione naturale. Quale rimedio si può attuare per raggiungere il coefficiente di scambio termico convettivo necessario?

Correlazione per convezione naturale per lastra piana orizzontale scaldata sulla superficie superiore (lunghezza caratteristica pari al $L/4$):

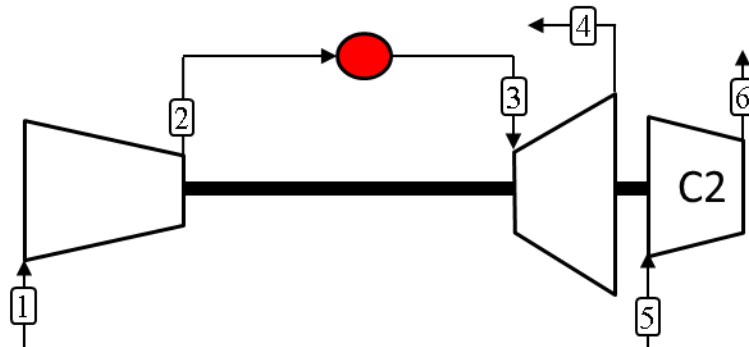
$$Nu = 0.59Ra^{\frac{1}{4}} = 0.59(Gr * Pr)^{\frac{1}{4}}$$

Proprietà termofisiche dell'aria (considerata gas perfetto valutate alla temperatura di film):

c_p	1007.7	J/kgK
k	0.0278	W/mK
μ	1.97E-05	Pa*s
densità	1.09	kg/m ³

ESERCIZIO 4 (punti 4)

Una stazione di ricompressione del gas naturale è costituita da una turbina a gas (ciclo Brayton reale) accoppiata meccanicamente con il compressore del gas naturale C2 (il lavoro meccanico della turbina a gas è uguale a quello del compressore del gas naturale C2). Il compressore C2 comprime una portata di 120 kg/s di gas naturale da $P_5=50$ bar a $P_6=70$ bar ($T_5=35^\circ\text{C}$) (assumere il gas naturale come ideale con $c_p=2$ kJ/kg/K, $\gamma=1.44$). Il rendimento isoentropico di C2 è 0.78 mentre il rendimento meccanico è 0.98.



Sapendo che il rendimento della turbina a gas è 26.5% si chiede:

- La temperatura di scarico del gas naturale (punto 6)
- La potenza termica entrante nel ciclo Brayton
- Nel caso il ciclo Brayton fosse ideale con rapporto di compressione pari a 15 (aria - gas ideale biatomico- come fluido di lavoro), quale sarebbe la potenza termica entrante per garantire il funzionamento del compressore di gas naturale?

□ **QUESITO 5 (Rispondere ad una sola delle due domande) (punteggio 7.5)**

1- Applicare il principio di conservazione dell'energia ad una ad una pompa che elabora un fluido incompressibile ed evidenziare il legame tra la differenza di temperatura a cavallo della pompa e le perdite.

2- Discutere le motivazioni che portano a considerare l'utilizzo delle alette. Ricavare l'espressione del profilo di temperatura per alette di lunghezza infinita e temperatura alla base imposta.

□ **QUESITO 6 (DOMANDE A RISPOSTA GUIDATA) (punteggio 7.5)**

Rispondere alle seguenti 15 domande a risposta guidata. (0.5 punto per risposta corretta, -0.125 punti se sbagliata).

Una laminazione isoentalpica (dallo stato 1 allo stato 2):	Implica $P_2 < P_1$	<input checked="" type="radio"/> vero	<input type="checkbox"/> falso
	E' la trasformazione che avviene in una valvola adiabatica	<input checked="" type="radio"/> vero	<input type="checkbox"/> falso
	Se coeff. Joule-Thompson $> 1 \rightarrow T_2 < T_1$	<input checked="" type="radio"/> vero	<input type="checkbox"/> falso
	Per gas reale non può mai essere isoterma	<input type="checkbox"/> vero	<input checked="" type="radio"/> falso
Per un ciclo Rankine ideale surriscaldato:	A pari P_{max} , se $T_{max} \uparrow \eta \uparrow$	<input checked="" type="radio"/> vero	<input type="checkbox"/> falso
	A pari P_{max} , se $T_{max} \uparrow$, il titolo allo scarico della turbina \downarrow	<input type="checkbox"/> vero	<input checked="" type="radio"/> falso
	La rigenerazione ideale porta ad un η pari a η_{Carnot}	<input type="checkbox"/> vero	<input checked="" type="radio"/> falso
	Se $P_{cond} \downarrow, T_{cond} \uparrow$	<input type="checkbox"/> vero	<input checked="" type="radio"/> falso
Date 2 alette di lunghezza ∞ , una con sezione circolare (Diametro D) e l'altra quadrata (Lato L), se $L=D$, a pari cond.ambiente, h e k e:	l'efficacia dell'aletta quadrata è maggiore	<input type="checkbox"/> vero	<input checked="" type="radio"/> falso
	La potenza termica è maggiore per l'aletta quadrata	<input checked="" type="radio"/> vero	<input type="checkbox"/> falso
	Il profilo di temperatura è differente	<input type="checkbox"/> vero	<input checked="" type="radio"/> falso
	L'efficienza è uguale nei due casi	<input checked="" type="radio"/> vero	<input type="checkbox"/> falso
Due cubi identici di materiale differente si trovano alla stessa temperatura iniziale (T_0), a pari h e Tamb: ($T_0 > T_{amb}$)	Se Bi uguali, hanno lo stesso comportamento termico	<input type="checkbox"/> vero	<input checked="" type="radio"/> falso
	L'approccio a parametri concentrati è sempre utilizzabile	<input type="checkbox"/> vero	<input checked="" type="radio"/> falso
	Se $Bi=0.001$, maggiore k minore il t di raffreddamento	<input type="checkbox"/> vero	<input checked="" type="radio"/> falso
	Se $Bi \cdot Fou$ è uguale e $Bi < 0.01$, allora $T(5s)$ è circa uguale per i due cubi	<input checked="" type="radio"/> vero	<input type="checkbox"/> falso
In un diagramma h-s:	Il punto critico è al vertice della campana	<input type="checkbox"/> vero	<input checked="" type="radio"/> falso
	Nella zona bifase, le isoterme sono rette	<input checked="" type="radio"/> vero	<input type="checkbox"/> falso
	Per fluido incompressibile le isobare collassano	<input type="checkbox"/> vero	<input checked="" type="radio"/> falso
	In zona di gas ideale isoentalpiche e isoterme coincidono	<input checked="" type="radio"/> vero	<input type="checkbox"/> falso

Moody Diagram

