



POLITECNICO DI MILANO

DIPARTIMENTO DI ENERGIA

SISTEMI ENERGETICI PER INGEGNERIA FISICA

10/01/2020

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

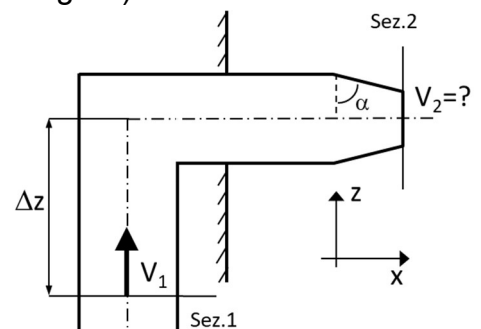
Costante universale dei gas $\mathcal{R} = 8314 \text{ J}/(\text{kmol} \cdot \text{K})$, Accelerazione gravità $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

□ ESERCIZIO 1 (punti 5)

Una portata di 150 kg/s di un fluido incompressibile (densità $= 900 \text{ kg/m}^3$) scorre nei due tratti di tubo a sezione circolare rappresentato in figura. Il rapporto tra le aree delle sezioni di ingresso (1) ed uscita (2) è 4. La pressione P_2 è pari a 1 bar e il diametro D_1 è 0.3 m. La differenza di quota tra la sez. 1 e 2 (ΔZ) è 1 m.

Sapendo che il volume totale di fluido contenuto nel sistema è 3 m^3 e che la forza di gravità agisce lungo la direzione $-z$, si chiede:

- la velocità e la portata volumetrica nei due tratti
- la pressione P_1 nella sezione di ingresso
- la spinta del fluido sulla parete (S) riportando il modulo delle 3 componenti S_x, S_y, S_z .



□ ESERCIZIO 2 (punti 7)

Una turbina a gas opera secondo un ciclo Joule-Brayton aperto reale. Il compressore aspira una portata di aria pari a 6.44 kg/s alla temperatura di 15°C e pressione di 1 bar. La combustione di 0.1 kg/s di gas naturale porta i gas all'uscita del combustore a 1100°C . Il rapporto di compressione/espansione è pari a 7 e il rendimento isoentropico del compressore e dell'espansore sono rispettivamente 0.82 e 0.88. Sapendo che il rendimento elettromeccanico del generatore è 0.975 e assumendo i gas combusti e l'aria come gas perfetto con calore specifico a pressione costante pari a 1.08 [kJ/kg/K] (indipendente da T) e massa molare pari a 27.7 kg/kmol , si chiede di calcolare:

- La portata massica e la temperatura dei gas di scarico della turbina a gas

- La portata volumetrica dei fumi allo scarico della turbina a gas
- La potenza elettrica netta della turbina a gas

Si pensa di sfruttare l'energia termica contenuta nei gas di scarico della turbina a gas per produrre del vapore saturo a 10 bar a partire da liquido saturo alla stessa pressione.

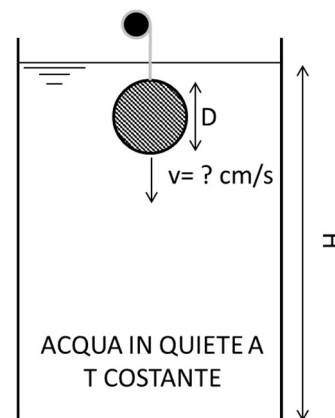
Quale sarebbe la massima portata di vapore teoricamente producibile?

□ ESERCIZIO 3 (punti 8)

Una sonda elettronica, approssimabile ad un cilindro di diametro pari a 5 cm e lunghezza 20 cm ($k=100 \text{ W/m/K}$, $\rho=8000 \text{ kg/m}^3$, $c=400 \text{ J/kg/K}$), si trova in equilibrio termico con l'aria ambiente ($T_{\text{aria}}=35^\circ\text{C}$). All'istante $t=0\text{s}$ viene immersa completamente in un recipiente cilindrico adiabatico (profondità 1.5 m, diametro 1 m) in cui è contenuta acqua a 4°C , e lasciata affondare a velocità costante.

Valutando per semplicità le proprietà dell'acqua a 4°C e assumendo che la sonda scambi calore attraverso la sola superficie laterale, si chiede (giustificando l'approccio modellistico utilizzato):

- La velocità di caduta per avere una T della sonda sul fondo di 15°C
- Il numero di Fourier nell'istante in cui il cilindro tocca il fondo
- L'incremento di temperatura dell'acqua contenuta nel serbatoio



Correlazioni per geometria cilindrica (Dim. caratteristica \rightarrow Diametro del Cilindro)

| Convezione Naturale | Convezione Forzata | Proprietà Acqua @ $T_\infty=4^\circ\text{C}$ | | |
|----------------------|------------------------------|--|-----------|-------------------|
| $Nu = 0.53Ra^{0.25}$ | $Nu = 0.51Re^{0.5}Pr^{0.37}$ | c_p | 4210 | J/kgK |
| | | k | 0.565 | W/mK |
| | | μ | 1.57E-03 | Pa*s |
| | | ρ | 1000 | kg/m ³ |
| | | β | 3.446E-07 | 1/K |

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

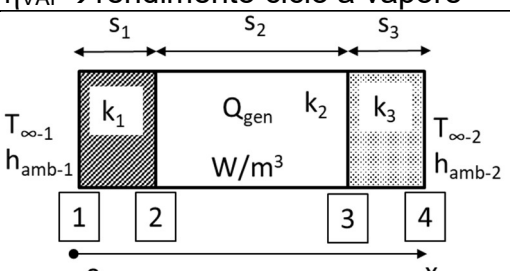
1- Ricavare l'equazione caratteristica dell'aletta e il profilo di temperatura nel caso di aletta infinita (con temperatura alla base imposta). Definire l'efficienza e l'efficacia dell'aletta.

2- Descrivere un ciclo Rankine saturo ideale e confrontarne il rendimento con quello di un ciclo di Carnot. Discutere la pratica del surriscaldamento.

□ QUESITO 6 (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, -0.25 punti se sbagliata).

| | |
|---|---|
| Quali di queste trasformazioni potrebbe portare ad un raffreddamento di un gas reale? | <input type="checkbox"/> Espansione isoentropica + compressione (tra le stesse pressioni) con $\eta_{is}=0.75$ <input type="checkbox"/> Laminazione adiabatica se $(\partial T/\partial P)_h < 0$ <input checked="" type="checkbox"/> Compressione isoterma + laminazione non adiabatica <input type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti |
| In un ciclo Joule-Brayton ideale chiuso (fluido di lavoro \rightarrow gas perfetto): | <input type="checkbox"/> A pari β , $\eta \uparrow$ e lav. Specifico \uparrow se $T_{MAX} \uparrow$ <input type="checkbox"/> Lavoro specifico è indipendente da T_{MAX} <input checked="" type="checkbox"/> A pari β , η è uguale per tutti i gas perfetti monoatomici <input type="checkbox"/> Lo scarico della turbina viene liberato in ambiente |
| 1.5 kg di Ar (gas perfetto) sono contenuti in una bombola chiusa alle condizioni $T_1=100^\circ\text{C}$ e $P_1=1.5 \text{ bar}$. Se $T_2=200^\circ\text{C}$, allora: | <input type="checkbox"/> $P_2/P_1 < 1$ <input type="checkbox"/> $P_2=2P_1$ <input checked="" type="checkbox"/> Densità ₁ =Densità ₂ <input type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti |

| | |
|---|---|
| Un cavo di rame di diametro D è attraversato da corrente elettrica. Se si riveste il cavo con un materiale di spessore s e cond.term k : $h[W/m^2K]$ | <input type="checkbox"/> T_{max} rimane la stessa poiché dipende da $\rho_{Cu}[kg/m^3]$ <input checked="" type="checkbox"/> La T_{max} del cavo aumenta se $D>2k/h$ <input type="checkbox"/> La pot. termica scambiata diminuisce se $D>2k/h$ <input type="checkbox"/> La pot. termica diminuisce sempre |
| 50 m ³ /h di H ₂ O viene elaborata da pompa che fornisce $\Delta P=6$ bar. Se $\eta_{idr}=0.8$: (contributo cinet. e Δz a cavallo della pompa nulli) | <input checked="" type="checkbox"/> La potenza richiesta è circa 10.4 kW <input type="checkbox"/> ΔT a cavallo della pompa è 0.1 °C <input type="checkbox"/> Potenza ideale > Potenza reale <input type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti |
| L'aumento della pressione massima di un ciclo Rankine surriscaldato: | <input checked="" type="checkbox"/> A pari T_{MAX} e T_{MIN} , il titolo di vapore diminuisce <input type="checkbox"/> E' limitato dalla pressione critica del fluido <input type="checkbox"/> Implica una diminuzione della T evaporazione <input type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti |
| Per un liquido ideale, una laminazione adiabatica implica: | <input checked="" type="checkbox"/> Sempre un incremento di T <input type="checkbox"/> $\Delta P>0$ <input type="checkbox"/> Coeff. Joule-Thompson nullo <input type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti |
| Ad un ciclo Rankine saturo si aggiunge un rigeneratore a miscela (A pari T_{EVA} e T_{COND}): | <input type="checkbox"/> Il titolo allo scarico della turbina aumenta <input checked="" type="checkbox"/> $\eta_{ciclo} \uparrow$ sempre se $P_{COND}<P_{spillamento}<P_{EVA}$ <input type="checkbox"/> Il lavoro specifico del ciclo aumenta <input type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti |
| L'equazione di continuità per flusso stazionario (in forma differenziale): $\rho \rightarrow$ densità, $v \rightarrow$ velocità, $S \rightarrow$ Sez. di passaggio, $m \rightarrow$ Port. Massica | <input type="checkbox"/> $dp/\rho + dv/v + dS/S = m$ <input checked="" type="checkbox"/> $dp/\rho + dv/v + dS/S = 0$ <input type="checkbox"/> $dp/\rho - dv/v - dS/S = 0$ <input type="checkbox"/> $dp/\rho + dv/v - dS/S = 0$ |
| Due alette di sezione circolare di rame hanno lunghezza differente (a pari T_{base} , $h [W/m^2/K]$ e T_{∞}): | <input type="checkbox"/> Se $L_1>L_2$ allora $Tapice_1>Tapice_2$ <input type="checkbox"/> Se $L_1>L_2$ allora $efficienza_1>efficienza_2$ <input checked="" type="checkbox"/> Se $L_1>L_2$ allora $efficacia_1>efficacia_2$ <input type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti |
| Data una sorgente termica, rappresentata da un liquido ideale (calore spec. costante) che si raffredda da T_1 a T_2 : $\Delta T=T_1-T_2$ (sorgente fredda a T_{amb}) | <input type="checkbox"/> Esiste un ciclo Carnot operante tra la sorgente e T_{amb} che è esternamente reversibile. <input type="checkbox"/> Il calore disponibile \downarrow se $\Delta T \uparrow$ <input checked="" type="checkbox"/> max lavoro ciclo tdn è $c^* \Delta T^* (1 - T_{amb}/[\Delta T \ln(T_1/T_2)])$ <input type="checkbox"/> max lavoro ciclo tdn dipende solo da ΔT |
| Il calore specifico a volume costante $c_v [J/kgK]$ per un gas perfetto biatomico: | <input type="checkbox"/> È pari a $5/2 R$ ($R= 8314 J/(kmol \cdot K)$) <input type="checkbox"/> Non dipende dalla T <input type="checkbox"/> E' uguale a quello di tutti i gas perfetti biatomici <input checked="" type="checkbox"/> E' inversamente proporzionale alla massa molecolare |
| In un piano h-s: | <input type="checkbox"/> Per liquido ideale le isobare collassano <input checked="" type="checkbox"/> Per gas perfetto le isobare sono curve esponenziali <input type="checkbox"/> L'area sottesa ad una trasformazione rev. è il calore <input type="checkbox"/> La transizione di fase liq-vap è segmento orizzontale |
| 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 checked="" type="checkbox"/> $\eta_{CC}<(1-T_{AMB}/T_{MAX,TG})$ <input type="checkbox"/> $\eta_{CC}= \eta_{TG}+\eta_{VAP}$ <input type="checkbox"/> Max η ideale del ciclo vapore= $1-T_{AMB}/T_{OUT,TG}$ <input type="checkbox"/> Il combustibile può essere carbone o gas naturale |
|  | <input type="checkbox"/> T_{max} è a $x=s_1+0.5s_2$ solo se $s_1=s_3$ e $k_1=k_3$ <input type="checkbox"/> T_{max} può essere nello strato 1-2 solo se $h_{amb2}= h_{amb1}$ <input type="checkbox"/> Se $s_1/k_1>s_3/k_3$ allora $\Delta T_{12}>\Delta T_{34}$ <input checked="" type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti |

