



POLITECNICO DI MILANO

DIPARTIMENTO DI ENERGIA

SISTEMI ENERGETICI PER INGEGNERIA FISICA

xx/xx/2019

Allievi fisici

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

NOME E COGNOME.....

Tempo a disposizione: XXX

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.

Dati per la risoluzione dei quesiti

Costante universale dei gas $R = 8314 \text{ J/(kmol}\cdot\text{K)}$ Massa molecolare aria = 28.9 kg/kmol ; Calore specifico acqua = $4186 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$.

ESERCIZIO 1

Una macchina idraulica elabora una portata di acqua. I diametri dei condotti in ingresso e in uscita sono rispettivamente $D_1=0.2 \text{ m}$ e $D_2=0.18 \text{ m}$; nel condotto di aspirazione l'acqua fluisce con velocità pari a 3 m/s . La sezione di scarico è posta alla stessa quota della sezione di ingresso della macchina. Sapendo che la pressione sulla sezione di ingresso è pari a 2 bar e che la pressione sulla sezione di scarico è pari a 15 bar si calcoli l'energia ideale della macchina e si indichi se la macchina è motrice o operatrice. Calcolare inoltre la potenza elettrica scambiata con l'esterno sapendo che i rendimenti organico ed elettrico sono rispettivamente pari a 0.94 e 0.96 e che l'incremento di temperatura dell'acqua attraverso la macchina è pari a 0.1 K . [R: $I=1720.96 \text{ J/kg}$, $P_{el}=179.74 \text{ kW}$]

□ ESERCIZIO 2

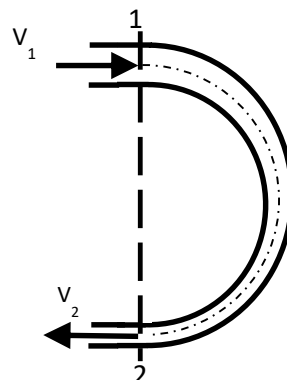
Una portata di vapore surriscaldato a 10 bar e 400°C attraversa una valvola di riduzione di pressione e subisce una diminuzione di pressione fino a 5 bar (adiabaticamente); successivamente il vapore viene espanso isoentropicamente fino alla pressione di 0.1 bar . Rappresentare qualitativamente sul diagramma di Mollier la successione delle due trasformazioni; il titolo del vapore al termine dell'espansione sarà minore di uno? Determinare inoltre la variazione di entalpia ed entropia tra le condizioni iniziali e finali.

[R: $\Delta s=0.31684 \text{ kJ/kgK}$, $\Delta h=-797.0 \text{ kJ/kg}$, $x=0.95$]

ESERCIZIO 3

Una corrente d'acqua, che percorre una tubazione ad asse orizzontale, del diametro di 200 mm , con una velocità media di 5 m/s , imbocca una curva a sezione decrescente che devia orizzontalmente la corrente di 180° prima di immettersi in una tubazione del diametro di 150 mm . Calcolare la componente orizzontale della spinta sulla curva, essendo la pressione nella sezione di ingresso 1 e in quella di uscita 2 dalla curva, rispettivamente, $p_1=88.7 \text{ kPa}$, $p_2=51.4 \text{ kPa}$.

[R: $R_x=5876.6 \text{ N}$, $R_y=0$, $R_z=G$]



ESERCIZIO 4

Un tubo in acciaio ($k = 15 \text{ W/mK}$), di lunghezza 1 m e raggio interno ed esterno pari rispettivamente a 200 mm e 250 mm contiene residui radioattivi che generano una potenza termica uniforme pari a 10^5 W/m^3 ; all'esterno la superficie del tubo è esposta al flusso di un liquido con temperatura pari a 25°C e coefficiente convettivo $h = 500 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Nell'ipotesi di regime stazionario e sistema schematizzabile come monodimensionale si richiede di:

- Determinare la resistenza termica di conduzione del tubo di acciaio
- Determinare la resistenza termica di convezione
- Determinare la temperatura della superficie interna del tubo

[Risultati: $R_{\text{cond}} = 2.37 \cdot 10^{-3} \text{ K/W}$; $R_{\text{conv}} = 1.273 \cdot 10^{-3} \text{ K/W}$; $T_{\text{Ri}} = 70.8^\circ\text{C}$]

ESERCIZIO 5

Una lattina cilindrica di diametro pari a 53 mm e altezza di 113 mm (si consideri lo spessore trascurabile) è estratta dal frigorifero alla temperatura $T_{f0} = 6^\circ\text{C}$ e posta su un tavolo in una stanza in cui la temperatura dell'aria è $T_\infty = 24^\circ\text{C}$. Calcolare la temperatura del contenuto della lattina dopo 2 ore. Determinare il tempo t^* richiesto affinché la lattina raggiunga la temperatura di 20°C . Si consideri come unica resistenza termica quella convettiva con l'aria esterna ($h = 4.5 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Le proprietà termofisiche della bevanda sono $\rho_f = 1000 \text{ kg/m}^3$, $c_f = 4.1 \text{ kJ/kgK}$, $k_f = 0.6 \text{ W/mK}$.
[Risultati: 14.8°C , 4.51 h]

ESERCIZIO 6

Determinare il coefficiente di scambio termico convettivo medio e la potenza termica scambiata (W/m) per un cilindro indefinito in acciaio di diametro 10 cm alla temperatura superficiale di 125°C investito trasversalmente da un flusso di aria a 25°C alla velocità di 10 m/s . Per il calcolo del numero di Nusselt medio si faccia riferimento alla seguente correlazione in cui le proprietà termofisiche sono valutate alla temperatura di film:

$$\text{Nu}_D = C \text{Re}_D^m \text{Pr}^{1/3}$$

Re_D	C	m
0.4–4	0.989	0.330
4–40	0.911	0.385
40–4000	0.683	0.466
4000–40,00	0.193	0.618
40,000–400,000	0.027	0.805

Le proprietà dell'acciaio e del fluido valutate alla T_{film} sono:

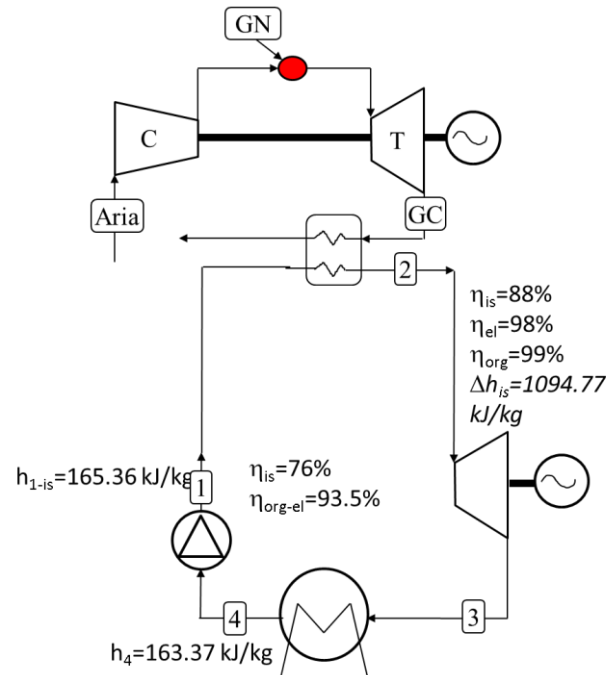
- $k_{\text{acc}} = 15 \text{ W/mK}$ $\rho_{\text{acc}} = 7800 \text{ kg/m}^3$ $c_{\text{acc}} = 1 \text{ kJ/kgK}$
- $k_{\text{fl}} = 0.0294 \text{ W/mK}$ $\rho_{\text{fl}} = 1.00 \text{ kg/m}^3$ $c_{\text{fl}} = 1009.3 \text{ J/kgK}$, $\mu_{\text{fl}} = 2.083 \text{E-5 Pa}\cdot\text{s}$

[Risultati: $41.65 \text{ W/m}^2\text{K}$, 1308.49 W/m]

ESERCIZIO 7

Una turbina a gas opera secondo un ciclo Brayton aperto. Il compressore aspira una portata di aria pari a 600 kg/s. La potenza termica in ingresso è pari a 514 MW e viene fornita dalla combustione di 15 kg/s di gas naturale. Il rendimento della turbina a gas è pari 39.4%. Considerata l'elevata temperatura dei gas di scarico ($T_{GC}=473^{\circ}\text{C}$, $c_p=1.08 \text{ kJ/kg/K}$) si decide di sfruttare la corrente di gas allo scarico della turbina come sorgente di calore di un ciclo a vapore con surriscaldamento (Ciclo combinato riportato in figura). La portata di vapore prodotta è 65 kg/s mentre la pressione e la temperatura massima del ciclo sono rispettivamente 20 bar e 450°C . Le caratteristiche del ciclo a vapore sono riportate in figura. Si chiede di:

- Rappresentare il ciclo a vapore nel diagramma T-s allegato
- Calcolare la potenza elettrica della turbina a gas
- Calcolare la portata massica dei gas di scarico della turbina a gas (punto GC)
- Calcolare la potenza termica in ingresso al ciclo a vapore
- Calcolare la temperatura dei gas a valle della cessione di calore (G_{Cout})
- Determinare la pressione di condensazione e il titolo di vapore allo scarico della turbina
- Calcolare la potenza elettrica netta del ciclo a vapore e il rendimento netto complessivo dell'impianto



QUESITO 1 (DOMANDA APERTA)

.....

QUESITO 2 (DOMANDE A RISPOSTA GUIDATA)

Rispondere alle seguenti 16 domande a risposta guidata. Segnare la casella relativa alla sola risposta corretta (1 punto per risposta corretta, -0.25 punti se sbagliata).

Il valore di entalpia di un fluido riportato su un diagramma T-s	<input type="checkbox"/> Dipende dallo stato di riferimento adottato <input type="checkbox"/> E' sempre crescente con la temperatura <input type="checkbox"/> E' indipendente dalla pressione <input type="checkbox"/> Può essere letto sull'asse delle ascisse
In un compressore d'aria isoterma ideale il rapporto di compressione è pari a 18 e la temperatura di aspirazione è pari a 15°C ($M_{\text{aria}}=28.9 \text{ kg/kmol}$):	<input type="checkbox"/> Il lavoro specifico è pari a circa 227 kJ/kg <input type="checkbox"/> Il lavoro specifico è pari a 188 kJ/kg <input type="checkbox"/> Il lavoro specifico è pari a 240 kJ/kg <input type="checkbox"/> Il lavoro specifico è pari a circa 164 kJ/kg
In un condotto a sezione costante, per un fluido incompressibile	<input type="checkbox"/> La portata volumetrica tra ingresso e uscita è sempre uguale <input type="checkbox"/> In regime stazionario la portata massica tra ingresso e uscita è diversa. <input type="checkbox"/> La velocità di ingresso è maggiore di quella in uscita <input type="checkbox"/> La densità varia tra ingresso e uscita
.....	<input type="checkbox"/>
.....	<input type="checkbox"/>

