



# POLITECNICO DI MILANO

## DIPARTIMENTO DI ENERGIA

SISTEMI ENERGETICI PER INGEGNERIA FISICA (Prova Online)

30/06/2021

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  $R = 8314 \text{ J/(kmol}\cdot\text{K)}$ , accelerazione di gravità  $g = 9.806 \text{ m/s}^2$

#### **□ ESERCIZIO 1 ( punti 10)**

Si vuole studiare la produzione di potenza elettrica sfruttando la differenza di temperatura dell'acqua di mare a differente profondità tramite un ciclo Rankine saturo ad ammoniaca. Si preleva una portata di  $8000 \text{ kg/s}$  di acqua in superficie a  $T_{in}=27^\circ\text{C}$  (acqua fluido incompressibile,  $\rho=995 \text{ kg/m}^3$ ,  $c=4186 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ ) che cede calore al ciclo termodinamico raffreddandosi di  $4.5^\circ\text{C}$ .

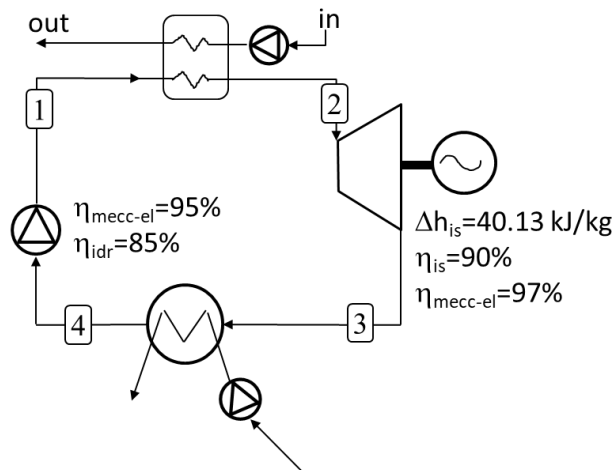
Il ciclo cede calore a  $8500 \text{ kg/s}$  di acqua a  $4.0^\circ\text{C}$  prelevata dalle profondità oceaniche.

La temperatura di evaporazione del ciclo è  $22^\circ\text{C}$  mentre la temperatura di condensazione è  $10^\circ\text{C}$ .

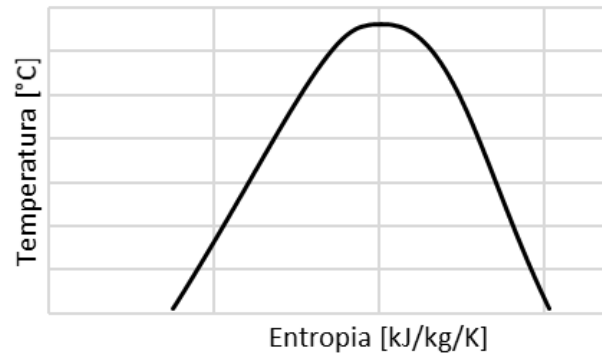
Il rendimento isoentropico della turbina è  $0.90$  mentre il rendimento idraulico della pompa del ciclo è pari a  $0.85$  (il rendimento meccanico elettrico della turbina e della pompa sono rispettivamente pari a  $0.97$  e  $0.95$ ).

Si assuma l'ammoniaca in fase liquida come liquido incompressibile ( $\rho_{\text{NH}_3,\text{Liq}} = 637 \text{ kg/m}^3$ ). L'acqua marina è movimentata da due pompe il cui rendimento idraulico e il rendimento meccanico-elettrico sono pari rispettivamente a  $0.85$  e  $0.95$  (uguali per entrambe) mentre il salto di pressione a cavallo delle pompe è  $0.5$  e  $1 \text{ bar}$  rispettivamente per l'acqua calda e quella fredda ( $\Delta Z=0 \text{ m}$  e  $\Delta V=0 \text{ m/s}$ ).

Utilizzando le informazioni riportate in figura e le tabelle delle proprietà dell'ammoniaca in condizioni sature, si chiede di:



Curva di Andrews qualitativa per ammoniac



- Rappresentare qualitativamente il ciclo in un piano T-s
- Calcolare l'entalpia del punto 1 e la portata di ammoniaca circolante nel ciclo
- Calcolare il titolo allo scarico della turbina
- Calcolare la potenza netta dell'intero impianto
- Quale sarebbe idealmente il massimo rendimento di conversione del solo ciclo termodinamico che sfruttasse l'acqua marina alle due differenti profondità?

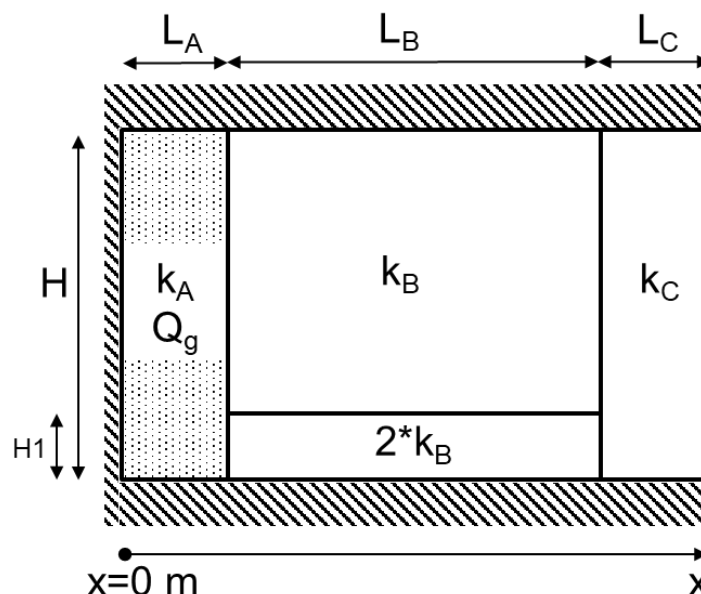
## □ ESERCIZIO 2 (punti 10)

Con riferimento alla parete multistrato riportata nella figura allegata, si ha che:

- la parete in corrispondenza di  $x=0$  è adiabatica
- l'altezza totale della parete  $H$  è 1.5 m mentre  $H_1$  è pari a 0.2 m
- lo strato A ( $L_A=0.5$  m) è sede di una generazione interna di potenza mentre gli altri strati sono di lunghezza pari rispettivamente a 2 m ( $L_B$ ) e 0.5 m ( $L_C$ )
- lo spessore della parete multistrato è pari a 1 m
- la conduttività termica dei materiali dei vari strati è  $k_A=k_C=50$  W/m/K e  $k_B=5$  W/m/K.
- la superficie esterna per  $x=L_A+L_B+L_C$  si trova alla temperatura di  $125^\circ\text{C}$  ed è a contatto con aria in quiete alla temperatura di  $25^\circ\text{C}$

Si chiede di calcolare (assumendo la mono-dimensionalità dello scambio termico e la stazionarietà del problema):

- il coefficiente di scambio termico convettivo (si faccia riferimento alla correlazione proposta nella tabella allegata)
- la generazione interna di potenza espressa in  $[\text{W}/\text{m}^3]$
- le resistenze termiche degli strati senza generazione di potenza
- la temperatura in corrispondenza di  $x=L_A$



Correlazioni per lastra piana verticale (Dim. caratteristica → altezza H della lastra) (Per semplicità si assuma l'aria come gas perfetto e le proprietà dell'aria costanti valutate alla temperatura di film e ad una pressione pari a 1.0132 bar)

Convezione Naturale	Proprietà Aria		
$Nu = 0.59Ra^{0.25} = 0.59 (Gr * Pr)^{0.25}$	$c_p$	1006	J/kgK
	$k$	0.025	W/mK
	$\mu$	17.95E-06	Pa*s
	MM	28.9	kg/kmol

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

1- Disegnare qualitativamente il diagramma h-s di un fluido generico (es. acqua), evidenziando e definendo il punto critico e la zona bifase (riportare le isoterme in questa zona e ricavarne la pendenza). Definire il titolo di vapore, riportare le linee iso-titolo e la procedura per tracciarle.

2- Ricavare l'equazione di scambio termico conduttivo generale (regime variabile, generazione interna di potenza, 3D). A partire dall'equazione ottenuta, ricavare l'espressione del profilo di temperatura nel caso di conduzione monodimensionale in regime stazionaria e con generazione di potenza per una lastra piana con una parete adiabatica e temperatura imposta sull'altra (conduttività termica uniforme e indipendente dalla temperatura).

**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).

Con il solo obiettivo di aumentare la potenza termica scambiata, l'aggiunta di una serie di alette su una superficie piana è giustificata:	Solo se efficacia >1 e efficienza >1 Solo se efficienza > 1 Solo se la lunghezza delle alette è minore di un determinato valore	<input type="checkbox"/> vero <input type="checkbox"/> vero <input type="checkbox"/> vero	<input checked="" type="checkbox"/> falso <input checked="" type="checkbox"/> falso <input checked="" type="checkbox"/> falso
Dato un ciclo Rankine saturo ideale, la rigenerazione ideale implica: T[K] → Temperatura	$\eta \uparrow$ mentre $\eta_{II} \downarrow$ Riduzione del lavoro specifico [kJ/kg] $\eta = 1 - T_{COND}/T_{EVA}$	<input type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> vero	<input checked="" type="checkbox"/> falso <input type="checkbox"/> falso <input type="checkbox"/> falso
Se si riveste con un isolante termico (spessore=s) un cavo di rame con generazione interna di potenza (reg.stazionario): h → coeff.scambio convettivo	Pot. termica scambiata diminuisce all'aumentare di s A pari s, se h ↑ allora T <sub>max</sub> ↓ A pari h, se s ↑ allora R <sub>tot</sub> può presentare un massimo	<input type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> vero <input type="checkbox"/> vero	<input checked="" type="checkbox"/> falso <input type="checkbox"/> falso <input checked="" type="checkbox"/> falso
In 2 tubi identici scorre 1 kg/s di due liquidi diversi (A e B). Se entrambi i liquidi assorbono stessa pot.termica, allora: (prop. indipendenti da T)	$Re_A > Re_B$ se $visc.din_A < visc.din_B$ $\Delta T_A > \Delta T_B$ se $c_A < c_B$ [J/kg/K] $h_A = h_B$ solo se $Pr_A = Pr_B$	<input checked="" type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> vero <input type="checkbox"/> vero	<input type="checkbox"/> falso <input type="checkbox"/> falso <input checked="" type="checkbox"/> falso

Una sfera di metallo alla temperatura iniziale di 25°C (k=60W/m/K, D=2mm, c=450 J/kg/K) è in una stanza con aria in quiete:	Se Taria=25°C allora pot. termica scambiata è nulla Se Taria=0°C e h=5 W/m2/K allora T(t=5 s)↑ se ρ↑ Se Tsfera≠Taria allora n° di Biot varia nel tempo	<input checked="" type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> vero	<input type="checkbox"/> falso <input type="checkbox"/> falso <input type="checkbox"/> falso
---	--	--	--