



POLITECNICO DI MILANO

DIPARTIMENTO DI ENERGIA

SISTEMI ENERGETICI PER INGEGNERIA FISICA (Prova Online)

19/06/2020

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 (punti 10)**

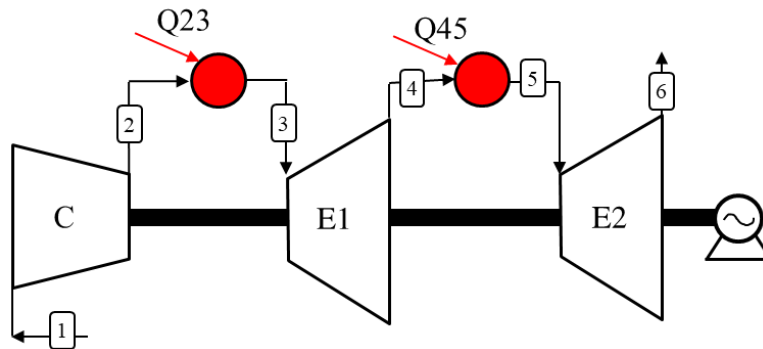
Si studino le caratteristiche dell'impianto schematicizzato in figura.

10 kg/s aria nelle condizioni 1 ($P_1=1\text{bar}$, $T_1=25^\circ\text{C}$) vengono elaborati da un compressore (C) con un rapporto di compressione pari a 16 e un rendimento isoentropico di 0.9.

L'aria viene riscaldata a pressione costante fino alla temperatura di 1100°C tramite un input termico (Q23) (es. radiazione solare concentrata) e successivamente elaborata dall'espansore (E1) caratterizzato da un rapporto di espansione pari a 5. Successivamente l'aria viene nuovamente riscaldata a pressione costante fino alle condizioni 5 ed elaborata da un espansore E2 fino alla pressione di 1 bar ($P_6=1\text{bar}$). Entrambi gli espansori sono ideali (rendimento isoentropico unitario) e il rendimento meccanico ed elettrico del sistema è pari a 1.

Sapendo che la potenza netta prodotta dal sistema è 5 MW e assumendo l'aria gas perfetto ($c_p=1007 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$, $\gamma=1.4$, $M=28.9 \text{ kg/kmol}$), si chiede di:

- Rappresentare qualitativamente su un diagramma T-s le trasformazioni del sistema e calcolare temperatura, pressione e entropia del solo punto 2 ($s_1=0 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$);
- Calcolare la potenza del compressore C
- Calcolare la potenza termica Q23
- Calcolare la potenza di E1 e E2;
- Calcolare la temperatura di ingresso in E2 (T_5)
- Calcolare il rendimento del sistema



□ **ESERCIZIO2 (punti 10)**

In un tubo lungo 200 m di diametro interno e spessore rispettivamente pari a 100 mm e 3 mm ($k=30 \text{ W/m/K}$) entra una portata di acqua di 1.5 kg/s in condizioni di liquido saturo a 200°C . Il tubo viene lambito da una corrente di gas a 550°C e l'acqua in uscita dal tubo ha un titolo di vapore pari a 0.7.

Assumendo un coefficiente di scambio termico convettivo interno pari a $4000 \text{ W/m}^2/\text{K}$, si chiede di (condizioni stazionarie) calcolare:

- la potenza termica assorbita dall'acqua
- la resistenza termica conduttiva e convettiva interna
- la temperatura della superficie interna ed esterna del tubo
- il coefficiente di scambio convettivo esterno e la velocità della corrente di gas

(ENTALPIA H_2O : $h_{\text{LS}} = 852.4 \text{ kJ/kg}$, $h_{\text{VS}} = 2210.2 \text{ kJ/kg}$ LS \rightarrow Liq. Saturo, VS \rightarrow Vap. Saturo)

- la portata di acqua liquida (m_{MIX}) che deve essere miscelata con la portata uscente dal tubo per ottenere un titolo di vapore pari a 0.6 ($h_{\text{MIX}} = 106.3 \text{ kJ/kg}$ entalpia dell'acqua liquida da miscelare)

Correlazione per convezione forzata per cilindro (lunghezza caratteristica diametro) e proprietà del gas

$Nu = 0.027 * Re^{0.805} Pr^{\frac{1}{3}}$	
$c_p [\text{J/kg/K}]$	1063.7
$k [\text{W/m/K}]$	0.0482
$\mu [\text{Pa}\cdot\text{s}]$	3.27E-05
Densità $[\text{kg/m}^3]$	0.534

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

1- Descrivere un ciclo Rankine saturo ideale e discutere la pratica della rigenerazione ideale

2- Ricavare l'equazione dell'aletta e il profilo di temperatura nel caso di lunghezza infinita e temperatura alla base imposta (Disegnare qualitativamente il profilo di T nel caso di $T_{\text{BASE}} < T_\infty$). Definire e commentare l'efficienza e l'efficacia.

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).

Dati due cicli termodinamici (1 e 2) che operano tra le stesse sorgenti a T cost. (TMAX=TMAX1=TMAX2; TIMIN=TIM1=TMIN2):	Se entrambi cicli JB ideali allora $\eta_1 > \eta_2$ se $\beta_1 > \beta_2$ (indipendentemente da fluido lavoro - uguale per entrambi) Se cicli generici reali e $\eta_1 > \eta_2$ allora sempre $\eta_{II1} > \eta_{II2}$ Se entrambi cicli di Carnot, $\eta_1 = \eta_2$ solo se stesso fluido	<input checked="" type="checkbox"/> vero <input type="checkbox"/> falso <input checked="" type="checkbox"/> vero <input type="checkbox"/> falso <input type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> falso	<input type="checkbox"/> falso <input type="checkbox"/> falso <input checked="" type="checkbox"/> falso <input type="checkbox"/> falso
Per un ciclo Rankine saturo ideale (fluido di lavoro H ₂ O): P → Pressione T → Temperatura	Se Pmax ↑ allora Tmax ↑ e η ↑ Lo scarico della turbina è in condizioni di vapore saturo La rigenerazione ideale porta ad un $\eta_{II} = 1$	<input checked="" type="checkbox"/> vero <input type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> vero	<input type="checkbox"/> falso <input checked="" type="checkbox"/> falso <input type="checkbox"/> falso
Una macchina operatrice elabora un fluido incompressibile ($\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$):	Se $\eta_{idr} = 1$ allora $\Delta T > 0$ Lmeccanico > Lelettrico > Lidraulico Se $\Delta P = 1 \text{ bar}$, $\Delta z = 1 \text{ m}$, $\Delta v = 0 \text{ m/s}$ ed $\eta_{idr} = 0.8$ allora $l = 137 \text{ J/kg}$	<input type="checkbox"/> vero <input type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> vero	<input checked="" type="checkbox"/> falso <input checked="" type="checkbox"/> falso <input type="checkbox"/> falso
Due sfere (D1=2D2) di stesso materiale si trovano alla stessa T iniziale (T ₀), (T ₀ > Tamb), aria in quiete:	Se $Nu = 2 + 0.43 (Gr \cdot Pr)^{0.25}$ allora Bi1 > Bi2 Se t = 3 s, allora Fou1 = 4 * Fou2 L'approccio a parametri concentrati è utilizzabile sempre se Bi * Fou < 0.01	<input checked="" type="checkbox"/> vero <input type="checkbox"/> vero <input type="checkbox"/> vero	<input type="checkbox"/> falso <input checked="" type="checkbox"/> falso <input checked="" type="checkbox"/> falso
Per un fluido reale:	Una Compressione seguita da espansione ($\beta_C = \beta_E$ e entrambe con $\eta_{is} = 1$) implica un lavoro netto ≠ 0 Nel piano T-s, le isobare sono segmenti nella zona bifase In un piano P-T, le isoentalpiche sono sempre monotone	<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