



POLITECNICO DI MILANO
DIPARTIMENTO DI ENERGIA
SISTEMI ENERGETICI PER INGEGNERIA FISICA
11/09/2021

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

ESERCIZIO 1 (punti 11)

Si consideri un ciclo Joule-Brayton chiuso ad Argon (gas monoatomico, $MM=40$ kg/kmol) che sfrutta come fonte energetica la radiazione solare concentrata. Il sistema è caratterizzato dalle seguenti caratteristiche:

- Potenza termica fornita: 20 MW
- Rendimento netto= 0.33
- Temperatura massima: 1250 °C
- Rapporto di compressione: 4
- Condizioni di aspirazione del compressore: $P=1$ bar, $T=200^{\circ}\text{C}$
- Rendimento isoentropico del compressore: 0.90
- Rendimento meccanico-elettrico: 1.0

La potenza termica ceduta dal ciclo viene recuperata per la produzione di una portata di vapore saturo a partire dalle condizioni di liquido saturo alla pressione di 10 bar.

Sfruttando le informazioni riportate e le proprietà dell'acqua fornite (assumendo le trasformazioni di introduzione e cessione di potenza termica come isobare) si chiede di:

- Rappresentare lo schema di impianto complessivo del sistema
- Calcolare la temperatura di uscita dal compressore e la differenza di entropia tra ingresso e uscita del compressore
- Calcolare la portata massica del fluido di lavoro del ciclo Joule-Brayton
- Calcolare la potenza elettrica netta prodotta dal sistema e il rendimento isoentropico dell'espansore
- Calcolare la portata massica di vapore saturo prodotto

Se il vapore prodotto fosse utilizzato come sorgente termica di un ciclo termodinamico con rendimento di secondo principio di 0.6 (temperatura ambiente pari a 25°C), quale sarebbe la sua produzione di potenza elettrica?

Proprietà acqua in condizioni di saturazione a 10 bar (LS→ Liquido saturo, VS→ Vapore saturo)

P [bar]	T [°C]	sLS [kJ/kg/K]	sVS [kJ/kg/K]
10	179.89	2.138	6.585

ESERCIZIO 2 (punti 9)

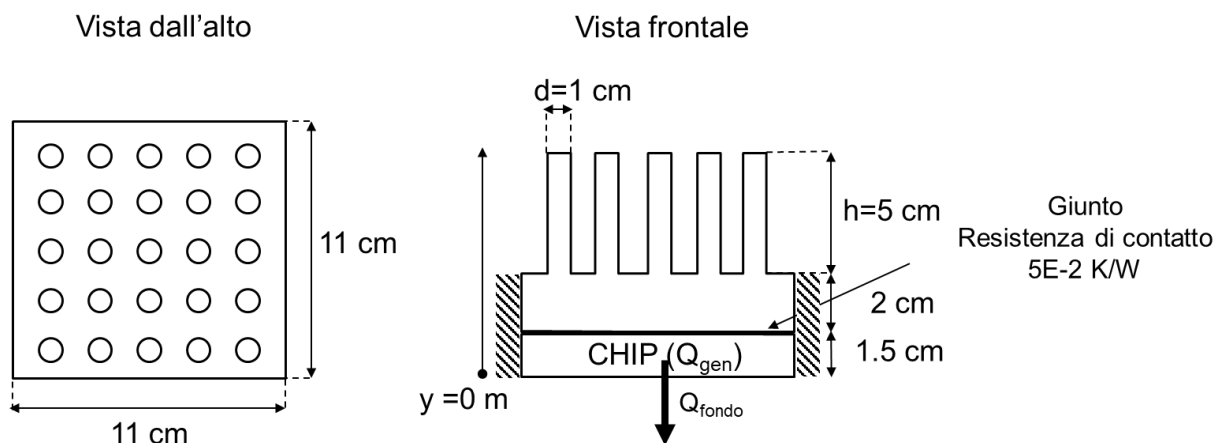
Si ha a disposizione un dissipatore di calore in lega di alluminio ($k=165 \text{ W/m/K}$) costituito da una base quadrata di lato 11 cm e altezza pari a 2 cm con la presenza di 25 alette di sezione circolare ($d=1 \text{ cm}$) e altezza 5 cm. Il dissipatore è investito da una corrente d'aria a 25°C e velocità 2 m/s . Si assuma l'apice delle alette adiabatico.

Il dissipatore è posto sopra un chip elettronico la cui altezza è 1.5 cm. La resistenza di contatto presente tra il chip e il dissipatore è pari a $5\text{E-}2 \text{ K/W}$.

Il chip è sede di una generazione interna di potenza pari a 0.5 MW/m^3 e dalla superficie inferiore del chip viene dissipato il 15 % della potenza termica generata.

Assumendo che il coefficiente di scambio termico convettivo della superficie non alettata è $30 \text{ W/m}^2/\text{K}$ e che il coefficiente di scambio termico convettivo delle alette possa essere valutato tramite la correlazione per geometria cilindrica proposta in tabella, si chiede di calcolare (mono-dimensionalità del problema di scambio):

- Il coefficiente di scambio termico convettivo delle alette
- L'efficienza della singola aletta
- La temperatura alla base delle alette e la temperatura sulla superficie superiore del chip



Correlazioni per geometria Cilindrica (Dimensione caratteristica \rightarrow Diametro del cilindro)

Intervallo Numero Re	Convezione Forzata	Proprietà aria	
0.4-40	$Nu=0.989 Re^{0.33} Pr^{1/3}$		Valore
4-40	$Nu=0.911 Re^{0.385} Pr^{1/3}$	c_p [J/kg/K]	1006
40-4000	$Nu=0.683 Re^{0.466} Pr^{1/3}$	μ [$10^{-6} \text{ Pa}\cdot\text{s}$]	17.95
4000-40000	$Nu=0.193 Re^{0.618} Pr^{1/3}$	k [10^{-3} W/m/K]	25.04
40000-400000	$Nu=0.027 Re^{0.805} Pr^{1/3}$	ρ [kg/m^3]	1.21

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

1- Rappresentare lo schema di impianto di un ciclo Rankine saturo ideale e rappresentare su un piano T-s e h-s il ciclo. Descrivere e discutere la pratica della rigenerazione ideale evidenziando gli effetti sulle prestazioni del ciclo.

2- Applicare e discutere il principio di conservazione dell'energia ad una laminazione adiabatica. Introdurre il coefficiente di Joule-Thompson (non si richiede la derivazione completa) e discutere il significato della curva di inversione. Valutare il coefficiente di Joule-Thompson per gas ideale e liquido incomprimibile.

QUESITO 4 (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).

Una sfera (diametro D) a temperatura T è in una stanza con aria più fredda in quiete (T_∞), il coeff. di scambio convettivo h è: ($k \rightarrow$ cond.termica, $a, m, n \rightarrow$ costante)	Direttamente proporzionale $k/D \cdot Re^m \cdot Pr^n$ decescente con il diminuire di $(T-T_\infty)$ funzione di Re e Gr	<input type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> falso <input checked="" type="checkbox"/> vero <input type="checkbox"/> falso <input type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> falso
Un liquido è contenuto in un serbatoio chiuso. Se il volume specifico aumenta all'aumentare di T allora in un processo di riscaldamento:	Il livello di riempimento diminuisce La massa contenuta rimane inalterata Il livello di riempimento dipende dalla viscosità	<input type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> falso <input checked="" type="checkbox"/> vero <input type="checkbox"/> falso <input type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> falso
In un piano h-s, le isobare di un liquido incomprimibile:	Evidenziano una dipendenza dalla pressione Collassano tutte su un'unica linea Sono rette con inclinazione dipendente da T	<input checked="" type="checkbox"/> vero <input type="checkbox"/> falso <input type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> falso <input type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> falso
Per un ciclo Rankine ideale surriscaldato:	Il η_{II} è sempre minore di 1 Se $P_{eva} \downarrow$ allora $x(\text{scarico}) \uparrow$ Il fluido di lavoro può essere solo acqua	<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
Due sfere ($D_1=3D_2$) di stesso materiale si trovano alla stessa T iniziale (T_0), ($T_0 > T_{amb}$), aria in quiete	Se $Nu=2+0.43 (Gr \cdot Pr)^{0.25}$ allora $Bi_1 > Bi_2$ Se $t=3$ s, allora $Fou_1=9 \cdot Fou_2$ L'approccio a parametri concentrati è utilizzabile sempre se $Bi \cdot Fou < 0.01$	<input checked="" type="checkbox"/> vero <input type="checkbox"/> falso <input type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> falso <input type="checkbox"/> vero <input checked="" type="checkbox"/> falso