



POLITECNICO DI MILANO

DIPARTIMENTO DI ENERGIA

SISTEMI ENERGETICI PER INGEGNERIA FISICA

28/01/2019

Allievi fisici

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

NOME E COGNOME.....

Tempo a disposizione: 2 ore 30 minuti

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 $\mathcal{R} = 8314 \text{ J}/(\text{kmol} \cdot \text{K})$

□ **ESERCIZIO 1 (punti 6)**

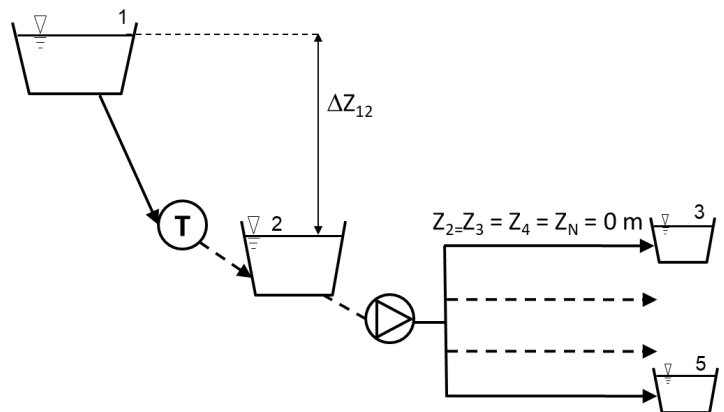
□

Si vuole sfruttare la differenza di quota ($\Delta Z_{12} = 300 \text{ m}$) tra due bacini per produrre potenza elettrica elaborando una portata di acqua di $100 \text{ m}^3/\text{h}$. Il tubo di aspirazione della turbina è lungo 500 m con diametro 100 mm . Il rendimento idraulico della turbina è pari a 0.88 mentre quello meccanico-elettrico è 0.96 .

Il 10% della potenza elettrica prodotta dalla turbina è utilizzato per alimentare una pompa di un sistema di distribuzione dell'acqua che, prelevando l'acqua dal serbatoio 2 in quantità tale da mantenerne invariato il livello, la invia a 5 serbatoi (la pompa e tutti i serbatoi sono alla stessa quota del serbatoio 2) attraverso 5 tubi identici di lunghezza pari 1500 m (Come riportato in Figura).

A cavallo della pompa si misura un incremento di temperatura di 0.01°C e il rendimento meccanico-elettrico del motore è 0.98 .

Si assuma che il tratto di aspirazione della pompa e il tratto di scarico della turbina siano di lunghezza trascurabile e che il coefficiente di attrito f sia uguale per tutti gli altri tratti



della rete idraulica e pari a 0.01 (si trascuri la presenza di perdite di carico concentrate).

Si chiede di calcolare:

- La potenza elettrica prodotta dalla turbina
- La portata di acqua elaborata dalla pompa
- Il diametro dei 5 tratti e la portata trasferita ad ogni serbatoio

Proprietà acqua: densità=1000 kg/m³, viscosità dinamica= 1E-3 Pa*s, calore specifico = 4.2 kJ/kg/K

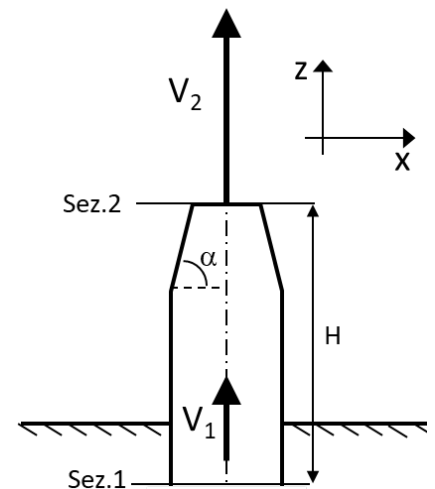
□ ESERCIZIO 2 (punti 5)

Una portata volumetrica di 12 m³/h di fluido (densità=750 kg/m³, viscosità cinematica=2.8E-4 m²/s) circola nel boccaglio verticale, di lunghezza H pari a 1 m, riportato in figura.

Il diametro della sezione di ingresso è pari a 100 mm (D1) mentre il diametro della sezione di uscita è pari a 25 mm (D2) mentre l'angolo del tratto convergente (α) è pari a 70°.

Sapendo che la pressione nella sezione di uscita è pari a 1 bar, si chiede di:

- Calcolare la pressione e la velocità nella sezione di entrata,
- Valutare la forza che deve essere sostenuta dal sostegno per mantenere ancorato il boccaglio.



(Volume tronco di cono $V=1/3\pi h(R_1^2+R_1R_2+R_2^2)$, $R \rightarrow$ Raggio, $h \rightarrow$ Altezza tronco di cono)

□ ESERCIZIO 3 (punti 4)

Si consideri un ciclo Rankine a vapore surriscaldato. Il vapore all'ingresso della turbina è a 740 K e 100 bar mentre la pressione minima del ciclo è 0.1 bar.

La potenza termica entrante nel ciclo è 500 MW.

Il rendimento isoentropico della turbina e il rendimento idraulico della pompa sono pari rispettivamente a 0.85 e 0.8.

Assumendo che l'acqua elaborata dalla pompa possa essere trattata come liquido incompressibile, si chiede di:

- Rappresentare lo schema di impianto, riportando sul diagramma T-s allegato i punti termodinamici
- Calcolare la portata di fluido di lavoro circolante
- Calcolare il rendimento netto del sistema
- Calcolare la portata di aria necessaria a smaltire la potenza termica del condensatore ($C_{p,aria}=1.01$ kJ/kg/K) assumendo la differenza di temperatura tra aria in ingresso e aria in uscita pari a 15°C.

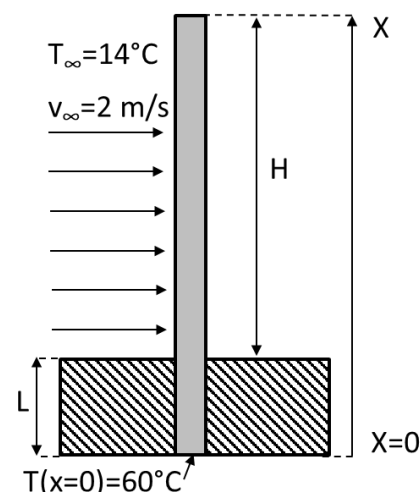
□ **ESERCIZIO 4 (punti 5)**

Si ha una barretta metallica ($k=100 \text{ W/m/K}$) di diametro pari a 0.5 cm inserita in un supporto di materiale adiabatico per una profondità (L) pari a 1 cm . La parte esposta all'ambiente esterno è investita da una corrente di aria alla temperatura di 14°C e velocità pari a 2 m/s mentre la sommità può essere assunta come adiabatica.

Assumendo che la temperatura della barretta vari solo lungo x e che le condizioni siano stazionarie, si chiede di valutare:

- Il coefficiente di scambio termico convettivo della parte esposta

- La lunghezza H necessaria per mantenere la superficie $x=0$ a 60°C dissipando una potenza termica di 1.5 W



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

Le proprietà termofisiche sono riferite alla **temperatura T dell'aria indisturbata**. Considerare l'aria come gas perfetto ($M=28.96 \text{ kg/kmol}$).

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

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

1- Ricavare l'espressione del profilo di velocità per flusso laminare evidenziando le ipotesi utilizzate. (E' sufficiente ricavare l'equazione differenziale caratteristica evidenziando le condizioni al contorno necessarie alla chiusura del problema anche senza integrarla).

2- Descrivere il ciclo Joule-Brayton ideale ricavando le espressioni del rendimento e del lavoro netto.

□ **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, -0.125 punti se sbagliata).

Una macchina elabora $1.2 \text{ m}^3/\text{s}$ di acqua (liquido incompressibile). Aspiraz.: $P_1=1 \text{ bar}$, $v_1=3 \text{ m/s}$, $z_1=0 \text{ m}$ Mand.: $P_2=2 \text{ bar}$, $v_2=1 \text{ m/s}$, $z_2=-2 \text{ m}$	<input type="checkbox"/> La macchina è motrice <input checked="" type="checkbox"/> La macchina richiede idealmente circa 92 kW <input type="checkbox"/> A pari cond.1-2, la potenza non dipende dal fluido <input type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti
---	---

Due gas diversi (A e B) nelle stesse cond. di P_1 e T_1 sono miscelati non adiabaticamente ($Q_{in}=125\text{ W}$) fino alle cond.2 ($P_2=P_1$):	<input type="checkbox"/> $T_2>T_1$ solo se i due fluidi sono gas perfetti <input type="checkbox"/> Se $m_A>m_B$ allora $T_2<T_1$ <input checked="" type="checkbox"/> A pari m_A , se $m_B\rightarrow\infty$ allora $T_2\rightarrow T_1$ <input type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti
Una turbina a gas basata su ciclo Joule Brayton rigenerativo ideale:	<input checked="" type="checkbox"/> $\eta\uparrow$ se $\beta\downarrow$ <input type="checkbox"/> η dipende dalla massa molecolare del gas <input type="checkbox"/> $\eta=1-T_1/T_2$ <input type="checkbox"/> Il lavoro specifico aumenta rispetto al ciclo semplice
Siano dati un corpo nero (A) e un corpo grigio (B) geometricamente identici. Se $T_A=1000^\circ\text{C}$ e $T_B=2000^\circ\text{C}$, allora:	<input type="checkbox"/> $\epsilon_B>1$ <input type="checkbox"/> $E_A=E_B\text{ [W/m}^2\text{]}$ se $\epsilon_B=1/16$ <input type="checkbox"/> $E_A/E_B = \epsilon_B$ <input checked="" type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti
Si hanno 2 tubi in parallelo di lunghezza diversa ($L_1>L_2$), stesso diametro e rugosità assoluta: (fluido incompressibile)	<input checked="" type="checkbox"/> $Re_1<Re_2$ <input type="checkbox"/> La portata si ripartisce ugualmente tra i due tratti <input type="checkbox"/> La caduta di pressione nel tratto 1 è la maggiore <input type="checkbox"/> Se regime laminare v_1/v_2 dipende da ϵ
Date due sorgenti a T_A e T_B , il rendimento di secondo principio:	<input type="checkbox"/> E' lo stesso per due cicli di Carnot internamente reversibili <input type="checkbox"/> Può essere maggiore di 1 <input type="checkbox"/> È uguale a 1 se i cicli sono irreversibili <input checked="" type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti
Dato un fluido, la curva di Nukiyama:	<input type="checkbox"/> E' utile per valutare h in condizioni monofase <input type="checkbox"/> Ha un andamento monotono decrescente <input checked="" type="checkbox"/> E' dipendente dalla pressione <input type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti
Un tubo di diametro esterno D (spessore s - attraversato da fluido a temperatura T), se $T_{amb}>T$, certamente si può dire che:	<input type="checkbox"/> Esiste sempre valore di $s>0$ che massimizza potenza <input type="checkbox"/> Resistenza termica convettiva \uparrow se $h\uparrow$ <input checked="" type="checkbox"/> Potenza termica scambiata è sempre decrescente con s <input checked="" type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti
L'aumento della temperatura di condensazione di un ciclo Rankine ideale implica:	<input type="checkbox"/> Aumento del lavoro specifico <input type="checkbox"/> Aumento del rendimento <input checked="" type="checkbox"/> Un'influenza sulla pressione minima del ciclo <input type="checkbox"/> Diminuzione titolo di vapore allo scarico della turbina
Due pareti piane di stesso spessore sono, una di metallo (A) e l'altra di ceramica (B). Entrambe sono sede della stessa generazione di potenza. Le T sulle 2 facce sono le stesse.	<input checked="" type="checkbox"/> $T_{MAX}(A)<T_{MAX}(B)$ <input type="checkbox"/> Flusso termico (A)<Flusso termico (B) <input type="checkbox"/> $T_{MAX}(A)>T_{MAX}(B)$ <input type="checkbox"/> Flusso termico (A)>Flusso termico (B)
In un diagramma $h-s$ (fluido puro monocomponente):	<input type="checkbox"/> L'area contenuta in un ciclo rappresenta il lavoro <input checked="" type="checkbox"/> Per gas perfetto, le isobare sono curve esponenziali <input type="checkbox"/> Il calore è l'area sottesa a trasformazione reversibile <input type="checkbox"/> In cond.bifase, pendenza delle isoterme è inv.prop a T
In un rigeneratore a superficie di un ciclo Rankine:	<input type="checkbox"/> Portata liquida in uscita è maggiore di quella in entrata <input type="checkbox"/> La portata in uscita è in condizioni di vap. saturo <input type="checkbox"/> La portata spillata è in condizioni di liq.saturo <input checked="" type="checkbox"/> Acqua liquida è separata da portata di vapore spillato
Per Elio (He) e Argon (Ar): (considerati entrambi gas perfetti) $R=8314\text{ J/mol/K}$, $MM_{HE}=4\text{ kg/kmol}$, $MM_{Ar}=40\text{ kg/kmol}$	<input type="checkbox"/> Il $c_p\text{ [J/kg/K]}$ dell'He è $<c_p$ dell'Ar <input type="checkbox"/> Il $c_p\text{ [J/kg/K]}$ è $5/2 R$ <input checked="" type="checkbox"/> 1 mole è riscaldata di 1°C (P cost.) con stessa energia <input type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti

<p>Dati due cubi (A e B) identici (lato 1 cm) ma di materiali diversi e inizialmente alla stessa T. Se $T_{amb} < T(t=0)$, si può dire che:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Se $Bi_1 \cdot Fou_1 = Bi_2 \cdot Fou_2$ allora $T_1(t) = T_2(t)$ con T uniforme nel volume <input type="checkbox"/> Per $t=10s$, se $Fou_1 = Fou_2$ allora $\rho_1 = \rho_2$ <input type="checkbox"/> Se $Bi_1 = Bi_2 = 0.01$ dopo 5 s l'energia dissipata è uguale <input checked="" type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti
<p>In un ciclo combinato: (Data una turbina a gas "TG")</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Scarico della turbina a gas è inviato a un rigeneratore <input type="checkbox"/> Potenza prodotta \uparrow (rispetto a sola TG) e η è uguale <input checked="" type="checkbox"/> Temperatura dei gas scaricati all'ambiente diminuisce <input type="checkbox"/> T_{max} del ciclo Rankine ha limiti solamente tecnologici

