



POLITECNICO DI MILANO

DIPARTIMENTO DI ENERGIA

I PROVA IN ITINERE DI SISTEMI ENERGETICI PER INGEGNERIA FISICA

25/11/2016

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 (intestato con nome e matricola).

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 $R = 8314 \text{ J/(kmol} \cdot \text{K)}$ $M_{\text{aria}} = 28.9 \text{ kg/kmol}$

□ **ESERCIZIO 1 (punti 4)**

Una macchina idraulica elabora un fluido incompressibile (densità $\rho = 800 \text{ kg/m}^3$). La pressione in ingresso è pari a 15 bar mentre allo scarico la pressione è di 2 bar. La velocità di ingresso V_1 è pari a 3 m/s mentre il rapporto tra le sezioni di ingresso e uscita (S_1/S_2) è pari a 3. Sapendo che l'incremento di temperatura del fluido attraverso la macchina è pari a 0.2K, che il calore specifico del fluido è 2000 J/kg/K e supponendo che la differenza di quota tra ingresso e uscita è trascurabile, si determini:

- la velocità allo scarico della macchina;
- il lavoro ideale in caso di assenza di irreversibilità della macchina;
- il lavoro scambiato con l'esterno e se la macchina è operatrice o motrice;
- il rendimento idraulico della macchina;

□ **ESERCIZIO 2 (punti 5)**

Ad una portata di 2 kg/s di vapore surriscaldato a 2 bar e 440 K (P_1, T_1) viene fornita una potenza termica di 1100 kW lungo una trasformazione isobara raggiungendo lo stato 2. Successivamente il vapore viene espanso in una turbina, caratterizzata da un rendimento isoentropico $\eta_{is} = 0.8$, fino ad una pressione di 0.1 bar (stato 3).

Si chiede:

- La rappresentazione sul diagramma di Mollier allegato delle trasformazioni 1→2→3;
- La temperatura alla fine della trasformazione isobara 1→2 (indicativa);
- La potenza prodotta dalla turbina;

□ **ESERCIZIO 3 (punti 6)**

In un impianto di sollevamento acqua il condotto di aspirazione è costituito da un tubo di diametro pari a 200mm e lunghezza 30 m, mentre il circuito di mandata è costituito da 2 condotti in serie. Il primo tratto del condotto di mandata ha diametro 200 mm e lunghezza pari a 30 m mentre il secondo tratto ha diametro di 300 mm e lunghezza 100 m.

L'impianto collega due bacini la cui differenza di quota tra le superfici libere è 100 m.

La portata elaborata d'acqua è 40 kg/s e il fattore di attrito "f" è pari a 0.02 per entrambi i circuiti di aspirazione e mandata. Le perdite concentrate per ciascuno condotto sono pari a 5 altezze cinetiche. Sapendo che il rendimento idraulico η_{idr} della pompa è 0.8 e il rendimento organico-elettrico è pari a 0.92, viene richiesto:

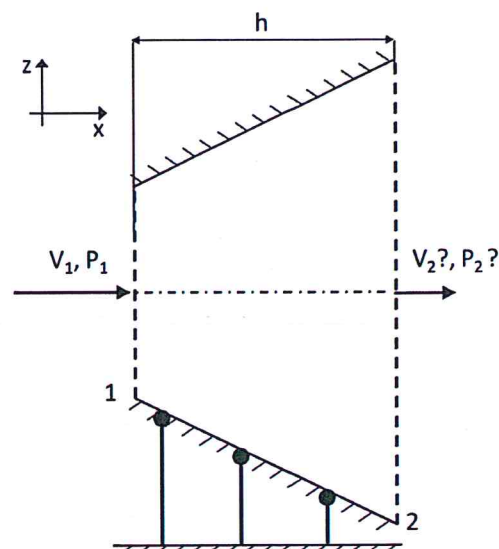
- lo schema di impianto con evidenziate le portate e velocità
- il lavoro ideale necessario per spostare l'acqua tra idue bacini in assenza di perdite
- le perdite dell'impianto in [J/kg]
- la potenza elettrica richiesta dalla pompa

□ **ESERCIZIO 4 (punti 5)**

Una portata di acqua entra in un divergente troncoconico, appoggiato su un piano orizzontale, alla velocità $V_1=10$ m/s e con pressione $P_1=1$ bar. La sezione di ingresso del divergente ha un diametro $D_1=2$ cm mentre la sezione di uscita ha un diametro di $D_2=4.5$ cm. Sapendo che $h=2.5$ cm, si chiede di determinare:

- La portata massica di acqua;
- La velocità all'uscita del divergente;
- La pressione all'uscita del divergente (nell'ipotesi di perdite di carico nulle);
- La spinta del fluido sulla parete (S) riportando il modulo delle 3 componenti S_x, S_y, S_z .

(Il volume del tronco di cono è pari a $\text{Volume} = \frac{1}{3} \pi h (R_2^2 + R_1 R_2 + R_1^2)$)



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

1- Spiegare che cosa si intende per punto critico di un fluido ed evidenziarlo disegnando qualitativamente il diagramma di temperatura-entropia (T-s) ed entalpia-entropia (h-s) per una sostanza generica. Per T-s discutere gli andamenti delle isobare.

2- 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).

□ **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).

La relazione $Tds=dh-vdp$ è valida:	<input type="checkbox"/> Solo per gas perfetti <input type="checkbox"/> Non per i liquidi <input checked="" type="checkbox"/> Sempre <input type="checkbox"/> Solo per i sistemi aperti
In un espansore d'aria isoterma ideale il rapporto tra le pressioni è pari a 10 e la temperatura di aspirazione è pari a 20°C:	<input type="checkbox"/> Il lavoro specifico è pari a circa 13 kJ/kg <input type="checkbox"/> Il lavoro specifico è pari a 258 kJ/kg <input checked="" type="checkbox"/> Il lavoro specifico è pari a 194 kJ/kg <input type="checkbox"/> Il lavoro specifico è pari a circa 26 kJ/kg
In un condotto convergente, per un fluido incomprimibile in regime stazionario	<input type="checkbox"/> Il regime di moto è sempre turbolento <input type="checkbox"/> La portata volumetrica tra ingresso e uscita è diversa <input type="checkbox"/> La densità del fluido varia <input checked="" type="checkbox"/> La velocità aumenta

In regime pienamente turbolento, per un condotto a sezione costante dalle caratteristiche fisiche assegnate:	<input type="checkbox"/> Il coefficiente di attrito "f" dipende dal numero Re <input checked="" type="checkbox"/> Perdite di carico dipendono dal quadrato della velocità <input type="checkbox"/> Il numero di Reynolds è minore di 4000 <input type="checkbox"/> Il numero di Reynolds non dipende dal fluido
Il coefficiente di Joule Thomson è:	<input type="checkbox"/> indipendente dal fluido <input type="checkbox"/> positivo lungo la curva di inversione <input type="checkbox"/> negativo per fluidi che si raffreddano lungo un'isentrope <input checked="" type="checkbox"/> espresso in [K/Pa]
Le isocore per un gas perfetto, rappresentate in un piano T-s hanno:	<input type="checkbox"/> Una pendenza inferiore a quella delle isobare <input type="checkbox"/> La pendenza pari a T/c_p <input checked="" type="checkbox"/> Un andamento esponenziale <input type="checkbox"/> Un andamento indipendente dal fluido
Il calore specifico a pressione costante c_p [J/kgK] per un gas perfetto monoatomico:	<input type="checkbox"/> È pari a $3/2R$ <input checked="" type="checkbox"/> Non dipende dalla T <input type="checkbox"/> È uguale per tutti i gas perfetti monoatomici <input type="checkbox"/> È direttamente proporzionale alla massa molecolare
Secondo il Pr. degli Stati Corrispondenti, un fluido con $T_{cr} = -150^\circ\text{C}$ e $P_{cr} = 34$ bar alle condizioni $T = 900^\circ\text{C}$ e $P = 3.4$ bar ha:	<input type="checkbox"/> Temperatura ridotta è pari a 6 <input type="checkbox"/> Comportamento come assimilabile a incomprimibile <input checked="" type="checkbox"/> Comportamento assimilabile a quello ideale <input type="checkbox"/> Il fattore di compressibilità pari a $1 \text{ m}^3/\text{kg}$
Per un sistema chiuso, in una compressione isoterma ideale:	<input type="checkbox"/> La variazione di energia interna ΔU è sempre >0 <input type="checkbox"/> La trasformazione è adiabatica <input checked="" type="checkbox"/> Il lavoro è uguale al calore scambiato <input type="checkbox"/> Il volume finale si può calcolare solo per gas ideali
In un condotto divergente (regime stazionario e fluido incomprimibile) in assenza di perdite di carico, la pressione:	<input checked="" type="checkbox"/> Aumenta <input type="checkbox"/> Diminuisce <input type="checkbox"/> Rimane uguale <input type="checkbox"/> Indeterminato (non è noto il Re)
Per una macchina operatrice indicare l'affermazione vera:	<input type="checkbox"/> Pot. all'albero $>$ Pot. ideale $>$ Pot. Elettrica <input type="checkbox"/> Pot. ideale $>$ Pot. all'albero $>$ Pot. Elettrica <input type="checkbox"/> Pot. Elettrica $>$ Pot. ideale $>$ Pot. all'albero <input checked="" type="checkbox"/> Pot. Elettrica $>$ Pot. all'albero $>$ Pot. ideale
Il lavoro di pulsione è:	<input type="checkbox"/> Espresso in J/kg/K <input checked="" type="checkbox"/> Il lavoro per muovere il fluido attraverso il sistema <input type="checkbox"/> Significativo solo per fluidi incomprimibili <input type="checkbox"/> Nullo per fluido incomprimibile
Il profilo di velocità in regime laminare:	<input type="checkbox"/> È parabolico anche nella regione di ingresso <input type="checkbox"/> Presenta un massimo pari a 4 volte la velocità media <input checked="" type="checkbox"/> È parabolico per flusso completamente sviluppato <input type="checkbox"/> Presenta velocità nulla nel centro del condotto
In un mixer adiabatico, una portata di 1 kg/s di acqua a $T_1 = 20^\circ\text{C}$ viene miscelata con una portata di acqua di 2 kg/s a $T_2 = 40^\circ\text{C}$. Per il flusso di uscita si ha:	<input type="checkbox"/> Temperatura pari a 30°C <input type="checkbox"/> Temperatura inferiore a 20°C <input type="checkbox"/> Portata pari a $m_1 - m_2$ <input checked="" type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti
In una compressione, il rendimento isentropico:	<input checked="" type="checkbox"/> $\Delta T_{\text{isentropico}} / \Delta T_{\text{reale}}$ per gas ideale <input type="checkbox"/> Ha la stessa definizione per una espansione <input type="checkbox"/> È applicabile solo se il gas è ideale <input type="checkbox"/> Può essere maggiore di 1 per una isentrope

THERMODYNAMIC PROPERTIES OF WATER

Temperatura in K
Pressione in MPa

