



POLITECNICO DI MILANO

DIPARTIMENTO DI ENERGIA

SISTEMI ENERGETICI PER INGEGNERIA FISICA

02/03/2017

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 4)**

Un impianto idroelettrico (densità acqua= 1000 kg/m^3 , viscosità dinamica= $1.137 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$) lavora tra due bacini A e B rispettivamente alla quota $h_A=1000 \text{ m}$ e $h_B=450 \text{ m}$. Il condotto di aspirazione è costituito da 2 tubi in parallelo identici di diametro 500 mm e lunghezza 3000 m. Il condotto di scarico ha un diametro di 300 mm e lunghezza 50 m. La velocità nel tubo di scarico è pari a 1.5 m/s. La scabrezza assoluta dei tubi è 0.2 mm, il coefficiente K_c delle perdite di carico concentrate è 6 per tutti i condotti. Assumendo un rendimento idraulico della turbina di 86% e un rendimento organico elettrico di 98%, si chiede di:

- Rappresentare lo schema di impianto evidenziando le portate nei condotti
- Determinare il coefficiente di attrito "f" dei condotti (vedi diagramma Moody allegato)
- Determinare la massima potenza idealmente producibile dall'impianto
- Determinare le perdite dell'impianto
- Calcolare la potenza netta prodotta dalla turbina e il rendimento globale di impianto

□ **ESERCIZIO 2 (punti 4)**

Una portata volumetrica di $5 \text{ m}^3/\text{s}$ di vapore d'acqua si trova alla temperatura di $T_1=167^\circ\text{C}$ e alla pressione $P_1=50 \text{ kPa}$. Il vapore viene raffreddato isobaricamente (in uno scambiatore di calore) fino ad avere una miscela bifase con titolo pari a 90%. Successivamente viene laminato adiabaticamente fino alla pressione $P_3=0.02 \text{ bar}$. Si chiede di:

- Identificare gli stati 1-2-3 e le trasformazioni $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$ (sul diagramma h-s allegato)
- Calcolare il lavoro e la potenza termica delle varie trasformazioni
- Se la trasformazione $1 \rightarrow 3$ fosse eseguita in una turbina, quale sarebbe il suo η_{is} ?

□ **ESERCIZIO 3 (punti 5)**

Una goccia di piombo liquido, schematizzabile come una sfera di diametro pari a 2 mm, alla temperatura iniziale di 500°C cade con una velocità di 3 m/s in aria in quiete a 25°C. Nota la temperatura di solidificazione del piombo (357°C) e i valori di densità, calore specifico e conduttività termica (10250 kg/m³, 150 J/kg/K, 17 W/m/K). Si calcoli:

- il coefficiente di scambio termico convettivo
- il numero di Fourier per t=0.5 s
- la minima durata della caduta affinché si raggiunga la temperatura di solidificazione
- il calore scambiato nel processo di raffreddamento

Correlazioni per geometria sferica (Dimensione caratteristica → diametro della sfera)

Convezione Naturale	Convezione Forzata	Proprietà Aria @ T _∞ =25°C		
$Nu = 2 + \frac{0.589Ra^{0.25}}{\left(1 + \left(\frac{0.469}{Pr}\right)^{\frac{9}{16}}\right)^{\frac{4}{9}}}$	$Nu = 2 + 0.6Re^{0.5}Pr^{\frac{1}{3}}$	cp	1006.73	J/kgK
		k	0.0262	W/mK
		μ	1.873E-05	Pa*s
		densità	1.15	kg/m ³

□ **ESERCIZIO 4 (punti 7)**

Si consideri un ciclo Joule-Brayton chiuso ad elio (gas perfetto monoatomico, MM=4 kg/kmol) con temperatura massima di 900°C e temperatura minima di 300°C. La temperatura di fine compressione è pari a 600°C. Il rendimento isoentropico di compressore e turbina è rispettivamente 88% e 92% mentre il rendimento organicoelettrico è 99%. Sapendo che la potenza netta è 10 MW, si chiede di:

- Disegnare lo schema di impianto e il ciclo termodinamico sul piano T-s riportando i valori di T e s dei punti (assumere s₁=100 J/kg/K).
- Determinare il lavoro specifico del compressore, della turbina e il lavoro netto
- Determinare la portata massica di fluido circolante e la potenza termica entrante nel ciclo
- Determinare il rendimento netto e confrontarlo con il η di un ciclo semplice ideale
- Assumendo che le sorgenti di temperatura siano a T₁ e T₃, calcolare η_{II} del ciclo.

Che effetto avrebbe la pratica della rigenerazione sul ciclo semplice calcolato precedentemente (motivare la risposta)?

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

1- Ricavare il Principio di conservazione quantità di moto per flusso monodimensionale in condizioni stazionarie. Riportare graficamente le componenti per una curva (90°) di un condotto con sezione di ingresso pari a metà della sezione di uscita (fluido incompressibile). (Attenzione alle proporzioni)

2- Discutere la necessità che spinge verso l'adozione di superfici alettate. Ricavare l'espressione del profilo di temperatura e la potenza scambiata (evidenziare le ipotesi utilizzate) per un'aletta di lunghezza infinita. Definire il concetto di efficacia ed efficienza.

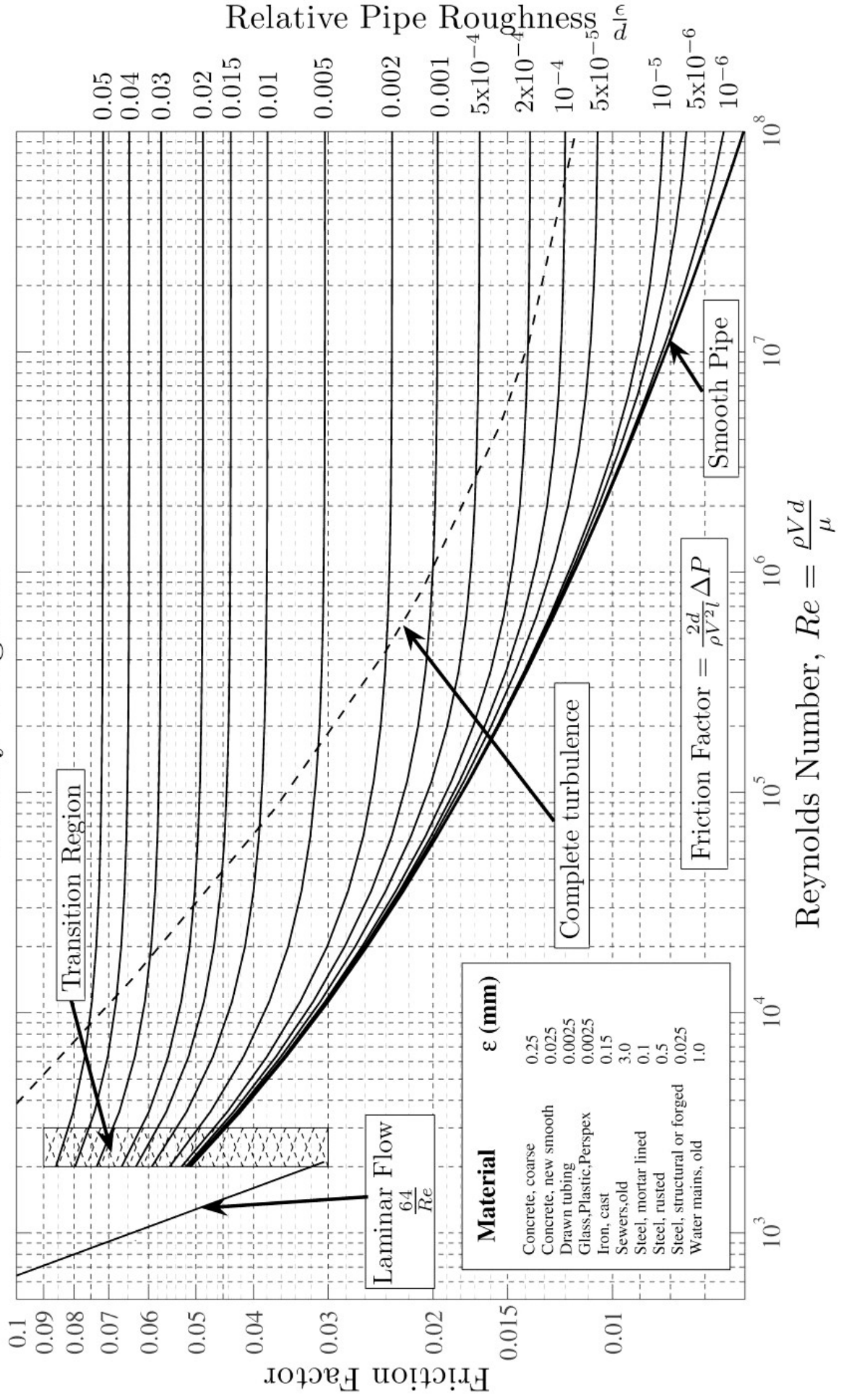
□ **QUESITO 6 (DOMANDE A RISPOSTA GUIDATA) (punteggio 7.5)**

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).

Il calore specifico a volume costante c _v [J/kgK] per un gas perfetto biatomico:	<input type="checkbox"/> È pari a 7/2R/MM <input type="checkbox"/> > c _p <input type="checkbox"/> È uguale per tutti i gas perfetti biatomici <input type="checkbox"/> È inversamente proporzionale alla massa molecolare
In una parete (spess=50 cm, k=45 W/m/K) c'è una generazione di potenza (φ=10 W/m ³). Una faccia è adiabatica mentre l'altra a 150°C, in condizioni stazionarie:	<input type="checkbox"/> Profilo T parabolico con massimo nel centro <input type="checkbox"/> Flusso termico è 5 W/m ² indipendente da spessore <input type="checkbox"/> Profilo T parabolico con massimo sulla sup.adiabatica <input type="checkbox"/> Flusso termico dipende da k

In un ciclo a Rankine saturo ideale, la rigenerazione continua ideale implica:	<input type="checkbox"/> Una riduzione del rendimento del ciclo <input type="checkbox"/> Un aumento del lavoro del ciclo <input type="checkbox"/> Un rendimento di Il principio pari a 1 <input type="checkbox"/> L'aggiunta di 2 scambiatori a superficie
Due tubi in parallelo (A e B) di stessa lunghezza e coefficiente di attrito, hanno $D_A=4D_B$, il legame tra le portate massiche m:	<input type="checkbox"/> $m_A=4m_B$ <input type="checkbox"/> $m_A=1/16m_B$ <input type="checkbox"/> $m_A=m_B$ <input type="checkbox"/> $m_A=32 m_B$
Una lastra a 35°C è in una stanza con aria a 15°C ($h=150 \text{ W/m}^2\text{K}$). Le pareti sono anch'esse a 15°C . Se $\varepsilon_{\text{lastra}}=0.1$ e pareti come corpi neri:	<input type="checkbox"/> Il contributo radiativo è trascurabile <input type="checkbox"/> $Q_{\text{conv}}/Q_{\text{rad}}$ cresce con T_{lastra} <input type="checkbox"/> Il flusso termico è 1540.8 W/m^2 <input type="checkbox"/> La potenza termica scambiata è 3120 W
Dati due corpi neri (A e B) a $T_A=1000 \text{ K}$ e $T_B=2000 \text{ K}$: $\lambda_{\text{max}} \rightarrow$ Lungh.onda di massima emissione, $E \rightarrow$ Pot.Emissivo totale	<input type="checkbox"/> $\varepsilon_A < \varepsilon_B$ <input type="checkbox"/> $E_A=8E_B$ <input type="checkbox"/> $\lambda_{\text{max}}A=2\lambda_{\text{max}}B$ <input type="checkbox"/> Nessuna delle precedenti
In una laminazione adiabatica: 1 \rightarrow Stato iniziale 2 \rightarrow Stato finale	<input type="checkbox"/> Per fluido reale è sempre $T_2 < T_1$ <input type="checkbox"/> Per gas perfetto ($c_p=\text{cost}$) può essere $T_2 < T_1$ <input type="checkbox"/> Se $T_1 > T_2$, il fluido cede calore all'esterno <input type="checkbox"/> Per fluido reale può essere $T_2 > T_1$
Per una superficie di scambio alettata (con alette apice adiabatico a sezione quadrata): $L \rightarrow$ Lunghezza $b \rightarrow$ Lato quadrato	<input type="checkbox"/> Se $b \downarrow$ allora efficacia (ε) \uparrow <input type="checkbox"/> Se $h \uparrow$ allora $m \downarrow$ <input type="checkbox"/> Se $L \downarrow$ allora $(T(L)-T_\infty) \downarrow$ <input type="checkbox"/> Se $L \uparrow$ allora efficienza (η) \uparrow
In un ciclo Joule-Brayton ideale aperto, all'aumentare del rapporto di compressione (a pari T_1 e T_3):	<input type="checkbox"/> Il rendimento presenta un massimo <input type="checkbox"/> Il lavoro netto aumenta <input type="checkbox"/> La potenza del compressore diminuisce <input type="checkbox"/> La T_4 diminuisce
A pari rapporto di compressione, considerando cicli ideali che elaborano lo stesso fluido:	<input type="checkbox"/> $\eta_{\text{otto}} > \eta_{\text{diesel}}$ <input type="checkbox"/> $\eta_{\text{otto}} = \eta_{\text{diesel}}$ solo se $T_{\text{max_otto}} < T_{\text{max_diesel}}$ <input type="checkbox"/> $\eta_{\text{otto}} > \eta_{\text{diesel}}$ solo se $T_{\text{max_otto}} > T_{\text{max_diesel}}$ <input type="checkbox"/> $\eta_{\text{otto}} < \eta_{\text{diesel}}$
La relazione $dh-vdp=du+p dv$:	<input type="checkbox"/> Solo per i sistemi aperti monocomponenti <input type="checkbox"/> Sempre <input type="checkbox"/> Solo lungo un'isobara <input type="checkbox"/> Solo per gas perfetti
Per determinare le condizioni di equilibrio per una miscela di 2 componenti in fase liquida, sono necessarie:	<input type="checkbox"/> 1 variabile intensiva <input type="checkbox"/> Problema indeterminato (non sono noti i componenti) <input type="checkbox"/> P e T sono in corrispondenza biunivoca <input type="checkbox"/> 3 variabili intensive indipendenti
La produzione di energia elettrica con un ciclo combinato si basa su:	<input type="checkbox"/> Ciclo Rankine a carbone + recupero termico da fumi <input type="checkbox"/> Accoppiamento tra turbina a gas e energia rinnovabile <input type="checkbox"/> Accoppiamento tra turbina a gas e ciclo a vapore <input type="checkbox"/> Combustibili fossili solidi
Per una macchina motrice 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 type="checkbox"/> Pot.Elettrica $>$ Pot all'albero $>$ Pot. ideale
3 kg/s di acqua ($c=4.2 \text{ kJ/kgK}$) a 150°C fluiscono in tubo ($D=10\text{cm}$) che si trova in un ambiente a 20°C . Se $T_{\text{out}}=50^\circ\text{C}$ e il coefficiente globale di scambio è $25 \text{ W/m}^2\text{K}$:	<input type="checkbox"/> La lunghezza L del tubo è circa 2.35 m <input type="checkbox"/> Il calore scambiato è 1260 kJ/kg <input type="checkbox"/> $\Delta T_{\text{ml}}=341.35 \text{ K}$ <input type="checkbox"/> Differenza temperatura minima acqua-aria è 130°C

Moody Diagram



THERMODYNAMIC PROPERTIES OF WATER

Temperatura in K
Pressione in MPa

