

E' consentito l'uso di: -calcolatrice, -tavole termodinamiche, un -formulario (1 pagina A4 F/R)  
Disponibili: tabelle acqua e vapore.

Consegnare: ☐ foglio dati ☐ foglio grafici, ☐ svolgimento, ☐ formulario. (potete trattenere il testo)  
Segnare il Cognome+Nome su OGNI foglio consegnato.

Specificare le

Tutte le **ipotesi, convenzioni, semplificazioni** adottate.

Tracciare sempre i **grafici** o **schemi** utili alla comprensione

I risultati privi di sufficiente calcolo/svolgimento/spiegazione non sono ritenuti validi.

----- **Esame TOTALE Tempo disponibile: 3h00, esercizi da 1 a 8** -----

1) Sono date le  $T_{\min} = 40^{\circ}\text{C}$  e  $T_{\max} = 500^{\circ}\text{C}$  e la pressione massima 120 bar di un ciclo Rankine a vapore d'acqua, con pompa avente rendimento del 95% e turbina isoentropica. Disegnare il ciclo nel diagramma T-s allegato. Calcolare i valori delle grandezze nei punti necessari ed i rendimenti del ciclo secondo i due principi della termodinamica.

2) Aria a condizioni ambiente viene compressa isotermicamente fino a 6 bar, quindi a volume costante scaldata fino a  $250^{\circ}\text{C}$ , quindi rilasciata tramite un ugello verso l'ambiente, con una trasformazione ideale reversibile. Indicare le ipotesi e approssimazioni effettuate. Identificare e quantificare gli scambi energetici avvenuti, le sorgenti coinvolte, calcolare la velocità massima raggiungibile dall'aria. Identificare e quantificare le variazioni di entropia che avvengono.

3) Una turbina a gas lavora secondo il ciclo Joule-Brayton approssimabile come chiuso, in cui evolve aria inizialmente a condizioni atmosferiche. Noti il rapporto di compressione pari a 12, i rendimenti di compressore e turbina entrambi  $\eta_{\text{COMP}} = \eta_{\text{TURB}} = 90\%$ , la temperatura massima raggiunta durante il ciclo  $T_{\text{MAX}} = 1200^{\circ}\text{C}$ , determinare i punti del ciclo, il rendimento del ciclo di 1° e 2° principio. Disegnare il grafico rappresentante il ciclo nel piano T-s.

4) Un frigorifero, posto in una stanza a  $24^{\circ}\text{C}$ , mantiene il contenuto a  $4^{\circ}\text{C}$ . L'evaporatore necessita di una differenza di temperatura di  $15^{\circ}\text{C}$  per scambiare calore, il condensatore di  $26^{\circ}\text{C}$ . L'efficienza è il 60% di quella di una macchina ideale che lavora tra le stesse temperature estreme del ciclo. Sapendo che a regime il motore del frigorifero consuma in media 200 W, determinare i flussi termici. Utilizzare gli schemi necessari a spiegare il funzionamento.

5) All'interno di un'automobile la portata di aria di 150 litri/s entra nell'unità raffreddante del condizionatore alla temperatura di  $34^{\circ}\text{C}$  con umidità relativa 65% e ne esce a  $12^{\circ}\text{C}$  e satura di umidità. Riportare la trasformazione seguita dall'aria sul diagramma psicrometrico allegato. Calcolare la potenza termica asportata e il liquido che eventualmente condensa.

6) Un tubo in rame ha il diametro interno  $D_i = 15$  mm e spessore 1 mm. Trasporta acqua calda a  $60^{\circ}\text{C}$ , con coefficiente di convezione interno molto elevato. E' rivestito con uno spessore di 1 cm di materiale isolante ( $\rho = 30 \text{ kg/m}^3$ ,  $c_p = 1800 \text{ J/kg.K}$ ,  $\lambda = 0.05 \text{ W/m.K}$ ), e all'esterno è investito dal vento a  $20 \text{ km/h}$  e  $10^{\circ}\text{C}$ . Determinare la potenza termica dispersa per metro di tubo e le temperature alle varie interfacce.

Correlazioni suggerite per Re-Nu attorno a corpi cilindri:

| Intervallo Re         | Nu=   |
|-----------------------|---|
| $0.4 \div 4$          | $0.989 \text{ Re}^{0.330} \text{ Pr}^{1/3}$ |
| $4 \div 40$           | $0.911 \text{ Re}^{0.385} \text{ Pr}^{1/3}$ |
| $40 \div 4'000$       | $0.683 \text{ Re}^{0.466} \text{ Pr}^{1/3}$ |
| $4'000 \div 40'000$   | $0.193 \text{ Re}^{0.618} \text{ Pr}^{1/3}$ |
| $40'000 \div 400'000$ | $0.027 \text{ Re}^{0.805} \text{ Pr}^{1/3}$ |

7) Una colata di resina epossidica avente dimensioni 1800x800x90 mm (calore specifico 1.4 kJ/kg.K, conducibilità termica 0.4 W/m.K, densità 1.7 kg/dm<sup>3</sup>) effettuata in un ambiente ventilato (coefficiente di convezione pari a 8 W/m<sup>2</sup>K) si scalda per le reazioni interne di polimerizzazione che provocano la generazione omogenea di calore all'interno della piastra. A regime si misura sulla superficie della piastra la temperatura di 70°C. Determinare il profilo di temperatura all'interno della piastra

8) Una piastra in acciaio di sezione rettangolare (spessore 4 mm, larghezza 40 cm, lunghezza indefinita), è mantenuta ad una estremità alla temperatura di 140°C. E' investita da un flusso d'aria a 20 m/s e alla temperatura di 35°C. Determinare a quale distanza dalla base possa essere toccata senza pericoli, e la potenza termica dissipata.

Correlazioni suggerite per il numero di Nusselt su lastre piane: (motivare la scelta effettuata)

lastra piana,  $Re < 500'000$      $Nu = 0.664 Re^{1/2} Pr^{1/3}$

lastra piana,  $Re > 500'000$      $Nu = (0.037 Re^{4/5} - 871) Pr^{1/3}$      $(0.6 < Pr < 60, 5 \cdot 10^5 < Re < 10^7)$

lastra piana,  $Re \gg 500'000$      $Nu = 0.037 Re^{4/5} Pr^{1/3}$      $(0.6 < Pr < 60, 5 \cdot 10^5 < Re < 10^7)$