

ESERCIZI PROPOSTI

Argomenti:

- A Equazione di stato dei gas perfetti
- B Trasformazione isocora
- C Trasformazione isobarica
- D Trasformazione isoterma
- E Trasformazione adiabatca
- F Trasformazione politropica
- G Ciclo di Carnot
- H Vapore surriscaldato
- I Vapore saturo umido
- L Vapore surriscaldato (diagramma di Mollier)
- M Vapore saturo umido (diagramma di Mollier)

- A | Esercizio 1** Calcolare la massa di anidride carbonica racchiusa in un cilindro chiuso ermeticamente avente diametro interno $d = 100$ mm, altezza $h = 250$ mm, alla pressione assoluta di 40 bar e alla temperatura di 30 °C.
[$m \approx 0,137$ kg]
- A | Esercizio 2** Calcolare il valore della pressione assoluta agente sull'azoto contenuto in un volume di 0,8 m³ alla temperatura di 50 °C; la massa di gas è pari a 8 kg.
[$p \approx 9,59$ bar]
- A | Esercizio 3** Calcolare il volume massico del vapor d'acqua surriscaldato alla temperatura di 500 °C e alla pressione relativa di 3,5 MPa.
[$p_{\text{assoluta}} = 3\,601\,325$ Pa; $v \approx 0,099$ m³/kg]
- B | Esercizio 4** All'interno di un contenitore con pareti fisse e indeformabili sono racchiusi 0,8 kg di azoto alla pressione assoluta di 2,3 bar e alla temperatura di 30 °C. Al sistema viene somministrata una quantità di calore pari a 130 kJ. Calcolare il volume del contenitore, i valori finali di temperatura e pressione e la variazione di energia interna subita dal gas.
[$V \approx 0,31$ m³; $T_2 \approx 521,33$ K; $p_2 \approx 3,96$ bar; $U_2 - U_1 = Q_{12} = 130$ kJ]
- C | Esercizio 5** L'aria contenuta in un cilindro con stantuffo mobile senza attrito occupa inizialmente un volume pari a 170 litri alla temperatura di 100 °C e alla pressione assoluta di 11 bar. Dopo aver subito una trasformazione a pressione costante il gas occupa un volume pari a 4/5 di quello iniziale. Calcolare la temperatura dell'aria a fine trasformazione, il lavoro fornito al sistema, la massa di gas presente nel cilindro, la quantità di calore sottratta e la variazione di energia interna subita dal sistema.
[$T_2 \approx 298,52$ K; $L_{12} \approx -37,4$ kJ; $m \approx 1,75$ kg; $Q_{12} \approx -131,06$ kJ; $U_2 - U_1 \approx -93,66$ kJ]
- D | Esercizio 6** Calcolare il volume iniziale e quello finale occupati da 0,9 kg di idrogeno lasciati espandere dalla pressione assoluta di 4,2 bar e temperatura di 15 °C fino alla pressione assoluta di 1,8 bar, con temperatura mantenuta costante. Calcolare inoltre il lavoro che deve essere ceduto all'esterno e la quantità di calore che deve invece essere somministrata all'idrogeno affinché tale trasformazione sia isoterma.
[$V_1 \approx 2,55$ m³; $V_2 \approx 5,94$ m³; $L_{12} \approx 904,42$ kJ; $Q_{12} \approx 904,42$ kJ]

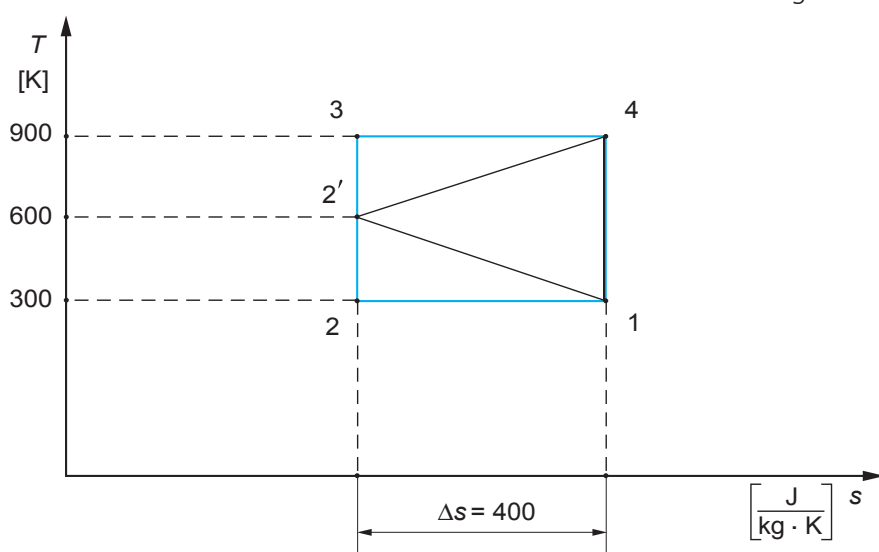
- E | Esercizio 7** Calcolare il lavoro di compressione adiabatica di 0,6 kg di ossigeno dalla pressione atmosferica alla pressione assoluta di 3 bar; la temperatura iniziale del gas è 22 °C. Determinare inoltre la temperatura finale del gas.
 $[V_1 \approx 0,45 \text{ m}^3; L_{12} \approx -41,57 \text{ kJ}; T_2 \approx 400,90 \text{ K}]$

- F | Esercizio 8** Un volume di 4,2 m³ di biossido di carbonio CO₂ viene ridotto a 1/3 mediante una compressione politropica di esponente 1,28. La pressione assoluta iniziale è: $p_1 = 145 \text{ kPa}$; la temperatura iniziale è: $T_1 = 18 \text{ °C}$. Determinare i valori finali della pressione e della temperatura, nonché il lavoro che occorre compiere sul gas per realizzare tali condizioni.
 $[(V_1/V_2) = 3; p_2 \approx 591,67 \text{ kPa}; T_2 \approx 396,01 \text{ K}; L_{12} \approx -783,37 \text{ kJ}]$

- G | Esercizio 9** Calcolare il rendimento di un ciclo di Carnot operante tra le temperature $T_s = 950 \text{ °C}$ e $T_i = 150 \text{ °C}$ e confrontarlo con il rendimento di un secondo ciclo di Carnot operante con un intervallo di temperatura di pari entità e avente $T_s = 810 \text{ °C}$.
 $[\eta_{\text{I Carnot}} \approx 65\%; \eta_{\text{II Carnot}} \approx 74\%]$

- G | Esercizio 10** Confrontare i rendimenti del ciclo di Carnot 12341 di **Figura 1** operante tra le temperature $T_s = 900 \text{ K}$ e $T_i = 300 \text{ K}$ e del ciclo termodinamico 12'41 operante tra le medesime temperature. La rappresentazione dei due cicli nel piano T/s è quella di Figura 1 ed entrambi i cicli operano con un salto entropico pari a $400 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$.

Figura 1



[Utilizzando la relazione (27) si ha: $\eta_{\text{Carnot}} \approx 67\%; \eta_{2^\circ \text{ ciclo}} \approx 40\%$]

- H | Esercizio 11** Si ha necessità di trasformare in vapore surriscaldato una massa di 50 kg di acqua inizialmente alla temperatura di 15 °C e alla pressione assoluta di 5 bar; la pressione deve essere mantenuta costante. La temperatura di surriscaldamento richiesta è pari a 280 °C. Calcolare la quantità totale di calore che occorre somministrare all'acqua.
 $[Q \approx 148,25 \text{ MJ}]$

- I | Esercizio 12** Calcolare il calore che deve essere ceduto a 25 kg di acqua inizialmente alla temperatura di 20 °C, per ottenere vapor saturo umido con titolo 0,85 effettuando un riscaldamento alla pressione assoluta, costante, di 3 bar.
 $[Q \approx 57,89 \text{ MJ}]$

- I | Esercizio 13** Determinare la quantità di calore che occorre sottrarre a 35 kg di vapore surriscaldato avente una temperatura pari a 380 °C per ottenere vapor saturo umido avente titolo 0,75, alla pressione assoluta, costante, di 2 bar.
 $[Q \approx 37,45 \text{ MJ}]$

L M | Esercizio 14 Utilizzando il diagramma di Mollier, risolvere gli Esercizi 11, 12, 13. I risultati potranno differire leggermente da quelli indicati al termine dei suddetti esercizi, a causa soprattutto delle inevitabili approssimazioni adottate nell'individuazione dei valori sul diagramma stesso.

L | Esercizio 15 Un vapore surriscaldato alla pressione assoluta $p_1 = 18$ bar subisce un'espansione attraversando una luce in parete sottile ed esce con una pressione assoluta $p_2 = 12$ bar e una temperatura $t_2 = 195$ °C. Calcolare la temperatura del vapore a monte della luce e la velocità reale di efflusso con la formula di Saint-Venant e con quella contenente la caduta entalpica. Rilevare le entalpie dal diagramma di Mollier. Assumere:

$$R = 461,5 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}, k = 1,3 \text{ e per entrambe le velocità il coefficiente riduttivo } \varphi = 0,78.$$

$$[t_1 \approx 241 \text{ °C}; v_{2r} \approx 334,2 \text{ m/s (Saint-Venant); } v_{2r} \approx 312 \text{ m/s (caduta entalpica)}]$$