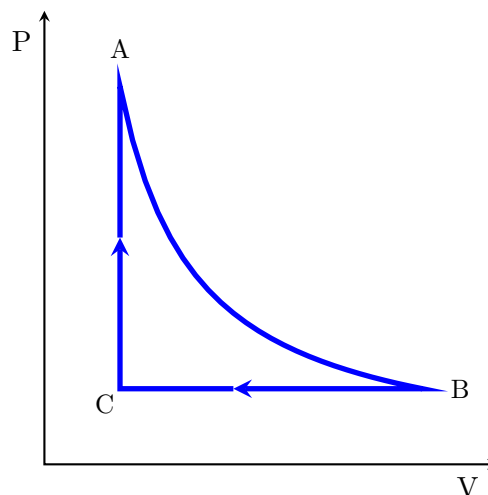


Esercizi di Fisica Generale

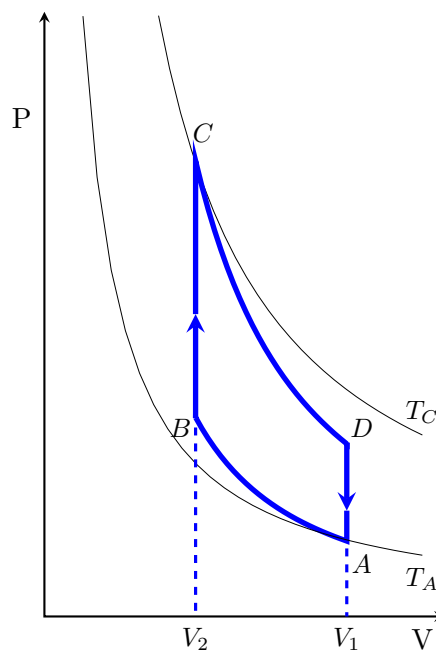
1. Una mole di gas ideale monoatomico segue il ciclo presentato in figura. Da A a B segue una trasformazione isoterma, da B a C una isobara e da C torna in A tramite una trasformazione isocora. La pressione del punto A e' $P_A = 5 \text{ atm}$, mentre $P_B = P_C = 1 \text{ atm}$. Il volume in B e' pari a $V_B = 50 \text{ dm}^3$, mentre $V_A = V_C = 10 \text{ dm}^3$. Sapendo che per un gas monoatomico $C_V = \frac{3}{2}R$ e $C_P = \frac{5}{2}R$, si calcoli

- Il lavoro fatto nel ciclo.
- Il calore totale scambiato in un ciclo.
- Il calore ceduto dal gas nella trasformazione BC .
- L'efficienza η del ciclo (Il gas assorbe calore dall'esterno nelle trasformazioni CA e AB).



2. In un motore a gasolio sei processi si susseguono in ogni ciclo (chiamato ciclo di Otto). All'inizio il pistone fa entrare un misto di aria e gasolio nel cilindro a pressione atmosferica fino a raggiungere il massimo volume nello stato A. Il pistone viene dunque compresso adiabaticamente $A \rightarrow B$ fino a raggiungere la temperatura $T_B > T_A$. A questo punto la candela accende il gas, che aumenta rapidamente la sua pressione e temperatura. Possiamo approssimare questa combustione rapida con una trasformazione isocora $B \rightarrow C$. Il pistone continua a muoversi riespandendo il gas adiabaticamente $C \rightarrow D$, con $V_D = V_A$. Il ciclo si chiude dunque facendo diminuire rapidamente la pressione fino allo stato iniziale e infine il gas viene fatto uscire.

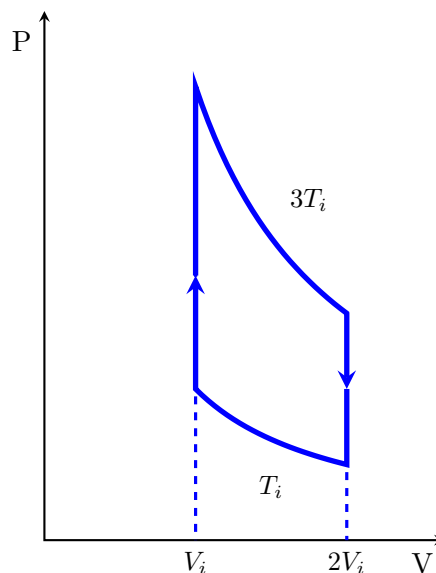
- Si calcoli il rendimento del ciclo e si confronti con l'efficienza di una macchina di Carnot operante con le sorgenti a temperatura più alta e più bassa del ciclo di Otto.
- Si calcoli il rendimento del ciclo nel caso in cui il rapporto dei volumi sia $\frac{V_B}{V_A} = \frac{1}{3}$.



3. In un motore Stirling il combustibile viene bruciato esternamente ai cilindri del motore per scaldarli. Una quantità fissata di gas inerte cambia stato ciclicamente all'interno dei cilindri, espandendosi a contatto con la sorgente a temperatura più alta e contraendosi quando a contatto con la sorgente a temperatura più fredda. Il ciclo può essere rappresentato dalla figura a destra.

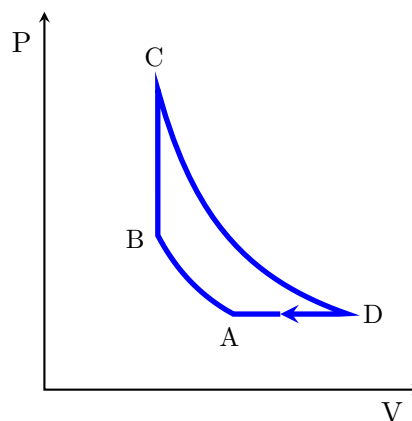
Si considerino n moli di gas ideale monoatomico con isoterme a temperature $3T_i$ e T_i . Si determinino, come funzioni di n , R e T_i

- l'energia netta trasferita dal calore al gas;
- l'efficienza del motore.



4. Una mole di gas ideale biatomico compie un ciclo reversibile costituito da due trasformazioni adiabatiche AB e CD , collegate da una trasformazione isocora BC e da una isobara DA . Le temperature del gas negli stati A , C e D sono rispettivamente $T_A = 270^\circ K$, $T_C = 600^\circ K$ e $T_D = 300^\circ K$. Si calcoli

- la temperatura dello stato B;
- il lavoro prodotto nel ciclo;
- il rendimento η del ciclo.



5. Una macchina termica preleva Q_1 da una sorgente a $T_1 = 323^\circ K$ produce lavoro e cede calore Q_0 ad una sorgente a temperatura $T_0 = 280^\circ K$. Il lavoro prodotto viene usato per far funzionare un frigorifero che preleva un calore Q'_0 dalla sorgente a temperatura T_0 e cede calore Q_2 ad una terza sorgente a temperatura $T_2 = 373^\circ K$. Dopo un ciclo l'entropia dell'ambiente varia di $\Delta S = 87,1 J/^\circ K$ e $Q_0 + Q'_0 = -295 \cdot 10^5 J$. Si calcoli il valore di Q_1 e Q_2 .
6. Un recipiente A contiene una grande massa di vapor d'acqua saturo mantenuto in equilibrio con il suo liquido alla pressione costante di 1 atmosfera. Un secondo recipiente B contiene acqua al punto triplo. Un motore, che funziona così lentamente che le sue trasformazioni possono essere considerate reversibili, compie un certo numero di cicli, scambiando calore esclusivamente con

l'acqua di due recipienti e producendo un lavoro pari a $L = 10^5 J$. Sapendo che il calore latente di evaporazione è $\lambda_e = 540 \text{ kcal/kg}$ e quello di fusione è $\lambda_f = 80 \text{ kcal/kg}$ si calcoli:

- (a) la massa d'acqua che cambia fase in A ;
- (b) la massa d'acqua che cambia fase in B ;
- (c) la variazione di entropia di A e di B .

A velocità finita la stessa macchina richiede 0.3 kg di acqua in A che cambiano fase. Si calcoli

- (a) la massa d'acqua che cambia fase in B ;
- (b) la variazione di entropia dell'Universo.

7. Un blocco di ghiaccio alla temperatura $T_0 = 273^\circ K$ viene posto a contatto con un blocco di ferro alla temperatura $T_1 = 360^\circ K$, in modo che, ad equilibrio raggiunto, una frazione di ghiaccio si è sciolta. La capacità termica del blocco, costante con la temperatura, è $c = 6 \text{ kJ/}^\circ K$, mentre il calore latente di fusione dell'acqua è $\lambda = 3.3 \cdot 10^5 \text{ J/}^\circ K$. Calcolare:

- (a) La quantità di ghiaccio fuso;
- (b) La variazione di entropia del sistema;
- (c) La variazione di energia interna del sistema.

8. Un cilindro chiuso da un pistone a tenuta, libero di muoversi senza attrito, contiene $n = 3$ moli di un gas perfetto monoatomico. Inizialmente il gas in equilibrio termodinamico in contatto termico con una sorgente di calore alla temperatura $T_A = 400^\circ K$ occupa un volume V_A .

Successivamente, mantenendo il contatto termico con la sorgente a temperatura T_A , il gas viene lasciato espandere molto lentamente fino ad occupare un volume $V_B = 1.3 V_A$. A questo punto si blocca il pistone e si mette il gas in contatto termico con una sorgente di calore alla temperatura T_C fino all'equilibrio.

Isolato adiabaticamente il gas, si effettua poi molto lentamente una compressione finché il gas occupa un volume $V_D = V_A$. Qui il gas si trova alla temperatura $T_D = 360^\circ K$.

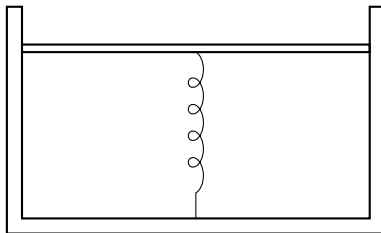
Infine, si mette nuovamente il gas in contatto termico con la sorgente alla temperatura T_A mantenendo bloccato il pistone, ed il sistema ritorna nel suo stato iniziale. Determinare:

- (a) il lavoro W_{AB} compiuto dal gas nella trasformazione AB ;
- (b) la variazione di energia interna del gas ΔU_{CD} nella trasformazione CD ;
- (c) il rendimento η del ciclo;
- (d) la variazione di entropia dell'universo ΔS_U nel ciclo.

9. Un motore termico costituito da una mole di gas ideale biatomico compie un ciclo di rendimento $\eta = 0.083$ partendo da uno stato a temperatura $T_A = 373.15^\circ K$ e $p_A = 10^5 \text{ Pa}$, subendo prima una compressione adiabatica reversibile, che raddoppia la sua pressione $p_B = 2p_A$, poi una espansione isobara irreversibile, aumentando la sua entropia di $\Delta S_{BC} = 16.628 \text{ J/}^\circ K$ e infine, messo a contatto con vapore acqueo saturo a temperatura T_A una trasformazione reversibile lineare nella pressione e volume che lo riporta allo stato iniziale. Si calcoli:

- (a) la temperatura dello stato B ;

- (b) la temperatura dello stato C ;
 - (c) la variazione di entropia nella trasformazione lineare ΔS_{CA} ;
 - (d) la massa di acqua evaporata nell'ultima trasformazione (il calore latente di evaporazione dell'acqua è $\lambda = 2.26 \cdot 10^6 J/kg$).
10. Un recipiente rigido adiabatico di volume $V = 0,04 m^3$ è diviso in due da un setto. In una parte è contenuta una mole di gas monoatomico alla temperatura di $T = 300^\circ K$. La membrana viene forata, dopo di che, una volta raggiunto l'equilibrio, il gas viene ricompresso reversibilmente in metà volume. Questa serie di trasformazioni viene ripetuta due volte. Si calcoli
- (a) il lavoro fatto durante la prima compressione;
 - (b) la temperatura finale del gas;
 - (c) il lavoro fatto durante la seconda compressione;
 - (d) la variazione di entropia totale del gas.
11. Due moli di gas monoatomico subiscono una trasformazione isobara reversibile $A \rightarrow B$ fino a dimezzarne il volume e poi una trasformazione isocora $B \rightarrow C$ fino a raddoppiarne la pressione. Si verifichi che $T_C = T_A$. Poi si calcoli
- (a) il lavoro totale;
 - (b) la variazione di energia interna;
 - (c) il calore assorbito nelle due trasformazioni;
 - (d) la variazione di entropia del gas;
 - (e) l'efficienza ξ del ciclo che verrebbe completato con una isoterma tra C e A .
12. Due corpi di capacità termica $c = 100 J/^\circ K$ sono a temperatura iniziale $T_0 = 300^\circ K$ e sono collegati tramite una macchina termica ciclica. Il primo corpo viene raffreddato alla temperatura di $T_1 = 250^\circ K$ fornendo alla macchina termica un lavoro L .
- (a) Si calcoli la temperatura finale del secondo corpo T_2 in funzione di L .
 - (b) Se la macchina termica è reversibile si calcoli la variazione di entropia dell'Universo.
 - (c) Sempre per una macchina termica reversibile si determini L .
13. Nel recipiente in figura, impermeabile al calore, sono contenute $n = 2$ moli di un gas perfetto monoatomico. La parete superiore (di superficie totale $A = 0.1 m^2$) può scorrere liberamente ed ha una massa $M = 50 kg$. Tra essa e la parete inferiore è fissata una molla di costante elastica $k = 4 \cdot 10^4 N/m$ e lunghezza a riposo nulla. La pressione esterna al recipiente è trascurabile.



- (a) Inizialmente il sistema è all'equilibrio e la molla ha una lunghezza $l = 30\text{ cm}$. Calcolare la pressione e la temperatura del gas.
- (b) Quando il sistema si trova nello stato di equilibrio iniziale la molla si spezza. Calcolare la nuova temperatura di equilibrio del gas.
- (c) Calcolare la variazione di entropia del sistema.