

Esercizi di termodinamica

1) Si consideri un cilindro rigido lungo $L = 30$ cm diviso in due parti da una parete sottile, a tenuta stagna, parallela alle estremità e libera di muoversi. Il cilindro è libero di scambiare calore con l'ambiente esterno la cui temperatura è costante. Inizialmente la parete è fissa e divide il cilindro in due parti uguali, ciascuna delle quali contiene un gas perfetto rispettivamente a pressione $P_{1,in} = 3 \cdot 10^4$ Pa e $P_{2,in} = 9 \cdot 10^4$ Pa. Successivamente la parete viene lasciata libera di muoversi; si calcoli la distanza della parete dai due estremi in condizioni di equilibrio.

[7.5 cm (e 22.5 cm)]

2) Si consideri un recipiente contenente un gas perfetto. Inizialmente il volume del recipiente è $V_1 = 2$ l e la pressione $P_1 = 10$ bar; indichiamo inoltre la temperatura con T_1 . Il gas viene inizialmente scaldato alla temperatura T_2 a volume costante; la pressione diventa $P_2 = 12$ bar. Quindi viene diminuito il volume (volume finale V_2) a pressione costante, riportando la temperatura a T_1 . Si calcoli: (a) il rapporto T_2/T_1 ; (b) il volume V_2 .

[$T_2/T_1 = 1.2$; $V_2 = 1.7$ l]

3) Una mole di elio (da approssimare come gas perfetto) alla temperatura $T_A = 27$ °C occupa inizialmente il volume $V_A = 1$ l. Al gas viene fatta compiere una trasformazione quasi statica isoterma che ne raddoppia il volume e poi una compressione adiabatica quasi statica che lo riporta alla pressione iniziale. Determinare lo stato finale e calcolare il lavoro e il calore scambiato dal sistema durante la trasformazione complessiva.

[$V_f = 1.32$ l, $T_f = 396$ K; $Q_{tot} = 1726$ J, $L_{tot} = 531$ J]

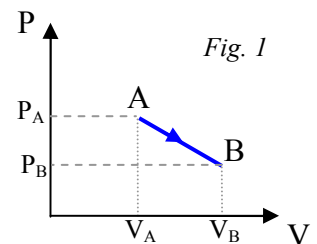
4) Calcolare il lavoro compiuto da una mole di gas durante una espansione isoterma quasi statica da un volume iniziale V_i ad un volume finale V_f quando l'equazione di stato è:

- a) $P V = R T$;
- b) $P(V-b) = R T$;
- c) $P V = R T (1 - B/V)$;

dove b è costante, B è funzione solo della temperatura e R è la costante dei gas.

5) Si consideri un gas che compie la trasformazione reversibile indicata in figura 1: nel piano di Clapeyron essa è rappresentata da un segmento che unisce il punto A (stato iniziale) con il punto B (stato finale). Sapendo che $P_A = 3$ bar, $P_B = 1$ bar, $V_A = 100$ cm³ e $T_A = T_B$, si calcoli il lavoro fatto dal gas nella trasformazione.

[$L = 40$ J]

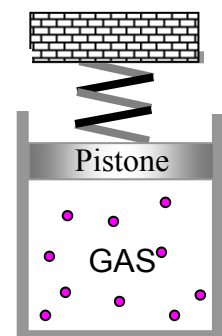


6) Una certa quantità di ossigeno (gas biatomico, da trattare come un gas perfetto) è contenuta dentro un cilindro con pistone di area $S=200$ cm² e peso trascurabile collegato tramite una molla ad un sostegno rigido. Inizialmente il volume del gas è $V_0=5$ l, la pressione è pari a quella esterna $P_0=1$ atm (la molla è quindi nella sua posizione di riposo) e la temperatura è $T_0= - 30$ °C.

Lasciando il sistema a contatto con l'ambiente esterno, esso si porta alla temperatura ambiente $T=27$ °C e il pistone si solleva di $h=2$ cm.

- (a) Qual è la massa del gas (peso molecolare $M=32$)?
- (b) Quanto valgono la pressione P e il volume V finali?
- (c) Qual è il valore della costante elastica k della molla?
- (d) Qual è il lavoro compiuto durante la trasformazione?
- (e) Quale quantità di calore Q il sistema ha assorbito dall'ambiente?

[(a) $m = 8$ g; (b) $V=5,4$ l, $P = 1,14$ atm; (c) $k = 1,4 \cdot 10^4$ N/m; (d) $L = 43,3$ J; (e) $Q = 339$ J]



7) Una mole di gas perfetto monoatomico, inizialmente alla pressione $P_A=1$ atm e temperatura $T_A=500$ K subisce le seguenti trasformazioni:

- (i) isoterma reversibile dallo stato iniziale A allo stato finale B caratterizzato da $V_B=2V_A$.
- (ii) adiabatica irreversibile dallo stato B allo stato C tale che $V_C=3V_B$ e $T_C=T_A/2$;
- (iii) isoterma reversibile fino ad un certo stato D;
- (iv) isobara reversibile dallo stato D allo stato iniziale A.

Calcolare:

- (a) i lavori eseguiti dal gas nelle quattro trasformazioni;
- (b) le quantità di calore scambiate dal gas nelle quattro trasformazioni;
- (c) il rendimento del ciclo;
- (d) la variazione di entropia del gas nella trasformazione adiabatica irreversibile.

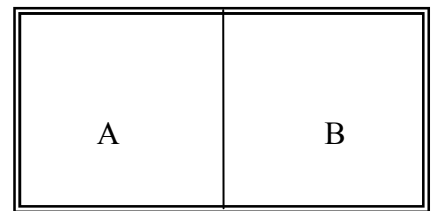
$$[\eta = 0.36; \Delta S = 0.49 \text{ J/K}]$$

8) Due sorgenti sono costituite l'una da 200 g di ghiaccio alla temperatura $T_1 = 0^\circ\text{C}$ e l'altra da piombo fuso ($T_2= 327^\circ\text{C}$, temperatura di fusione del piombo) alla pressione atmosferica. Determinare la massima quantità di lavoro che è possibile ottenere facendo lavorare una macchina termica (ideale) fra queste due sorgenti, sapendo che la macchina si arresta quando una delle due sorgenti cambia temperatura: (a) nel caso in cui la sorgente 2 è costituita da 4.8 Kg di Pb; (b) nel caso in cui la sorgente 2 è costituita da 8.0 Kg di Pb.

[Calori latenti: $\lambda_1 = 80$ cal/g e $\lambda_2 = 5.5$. cal/g]

$$[(a) L \approx 14400 \text{ cal}; (b) L \approx 19000 \text{ cal}]$$

9) Un cilindro chiuso a pareti adiabatiche è separato in due parti A e B da una parete interna fissa e termicamente conduttrice. Nella parte A sono contenuti 3g di elio (gas monoatomico con peso molecolare $M_{\text{He}} = 4$) inizialmente alla temperatura $t_A = -70^\circ\text{C}$ mentre in B ci sono 10g di azoto (gas biatomico con peso molecolare $M_{\text{N}_2} = 28$) inizialmente a temperatura $t_B = 70^\circ\text{C}$. Supponendo che i due gas si comportino come gas perfetti, calcolare, ad equilibrio termico raggiunto:



- a) la temperatura di equilibrio finale;
- b) la quantità di calore scambiata;
- c) la variazione di entropia dell'intero sistema.

$$[T_f = 265 \text{ K}; Q = 580 \text{ J}; \Delta S = 0.58 \text{ J/K}]$$

10) Una macchina termica utilizza 15 g di gas come fluido di lavoro. Questo gas, caratterizzato dai valori $c_p=0.21$ cal/g $^\circ\text{C}$ e $\gamma=c_p/c_v=1.31$, esegue reversibilmente il ciclo mostrato (schematicamente) in figura, dove $T_A=200^\circ\text{C}$, $T_B=300^\circ\text{C}$ e $T_C=500^\circ\text{C}$. Calcolare il rendimento della macchina.

(N.B. il gas non è perfetto)

$$[\eta=0.24]$$

