

Esercitazione 11: Calorimetria e Primo Principio della Termodinamica

1. Si dispone di un bollitore elettrico in grado di erogare una potenza di 2300 W, e di massa complessiva pari a $m_b = 0.5$ kg. Se si versa nel bollitore un volume pari a $V = 1$ l di acqua inizialmente a temperatura $T_0 = 18.5^\circ\text{C}$ si osserva che l'acqua impiega circa $\Delta t_1 = 176$ s per giungere a ebollizione.
 - (a) Questo tempo è maggiore o minore del tempo teorico previsto a scaldare la sola acqua (Δt_2)?
 - (b) Assumendo che le pareti esterne del bollitore siano termicamente isolate (cioè che il bollitore non perda calore dissipandolo con l'ambiente) calcolare il calore specifico c_b equivalente del solo recipiente.
 - (c) Quanto tempo Δt_3 servirebbe dunque per portare a ebollizione mezzo litro di acqua?

$$(a) \Delta t_2 = 148.3 \text{ s}; (b) c_b = 1562 \frac{\text{J}}{\text{kg K}}; (c) \Delta t_3 = 101.8 \text{ s}$$

2. In un recipiente sono contenuti 2 litri di acqua alla temperatura $T_1 = 20^\circ\text{C}$. Vengono immersi:
 - un blocco di 100 g di alluminio all temperatura $T_{\text{Al}} = 80^\circ\text{C}$ ($c_{\text{Al}} = 215 \frac{\text{cal}}{\text{kg K}}$);
 - un blocco di 300 g di ottone all temperatura $T_{\text{Ott}} = 300^\circ\text{C}$ ($c_{\text{Ott}} = 92 \frac{\text{cal}}{\text{kg K}}$);

Calcolare la temperatura di equilibrio T_{eq} quando:

- (a) viene immerso solo il blocco di alluminio;
- (b) vengono immersi entrambi i blocchi.

$$T_{\text{eq}}^a = 20.6^\circ\text{C}; T_{\text{eq}}^b = 24.4^\circ\text{C};$$

3. Un proiettile di piombo di massa $m = 0.1$ kg a temperatura $T_p = 20^\circ\text{C}$ sta viaggiando con velocità \vec{v} orizzontale, e si conficca in un blocco di ghiaccio di temperatura $T_g = 0^\circ\text{C}$ e massa $M = 10$ kg, in quiete, e libero di muoversi lungo un piano orizzontale. Si calcoli il modulo di \vec{v} affinché il proiettile fonda $M_f = 0.02$ kg di ghiaccio. Calore latente di fusione del ghiaccio: $\lambda_f = 3.35 \times 10^5$ J/kg.

$$v = 360.68 \text{ m/s}$$

4. Si consideri il processo di vaporizzazione di una massa $m = 0.1$ kg di acqua alla temperatura di ebollizione a pressione atmosferica. Si calcolino il lavoro L compiuto dall'acqua e il corrispondente aumento di energia interna ΔU . Si consideri:
 - calore latente di vaporizzazione dell'acqua è $\lambda_v = 2.26 \times 10^6$ J/kg;
 - densità del vapore: $\rho_v = 0.6$ kg/m³;
 - densità dell'acqua: $\rho_a = 10^3$ kg/m³.

$$L = 1.67 \times 10^4 \text{ J}; \Delta U = 20.93 \times 10^4 \text{ J}$$

5. Una barra rovente ($T_i = 600^\circ\text{C}$) di rame (calore specifico $c = 385\text{ J}/(\text{kg}^\circ\text{C})$) di massa $m = 0.5\text{ kg}$ viene fatta raffreddare ponendola a contatto con un serbatoio contenente acqua e ghiaccio all'equilibrio alla temperatura $T_0 = 0^\circ\text{C}$, sino a quando la barra si è portata alla temperatura $T_f = 50^\circ\text{C}$. Calcolare la massa di ghiaccio (calore latente di fusione $\lambda = 80\text{ cal/g}$) che, fondendo, è diventata acqua, sapendo che alla fine del raffreddamento è presente ancora ghiaccio nel serbatoio.

$$m_s = mc\Delta T/\lambda = 0.316\text{ kg}$$

6. $n = 10$ moli di gas perfetto vengono compresse isotericamente in modo reversibile da un volume iniziale $V_i = 1\text{ m}^3$ al volume finale V_f . Il gas è contenuto in un recipiente adiabatico a contatto termico con una massa $m = 0.1\text{ kg}$ di ghiaccio fondente a temperatura $T_0 = 0^\circ\text{C}$. Si determini il valore del volume finale V_f per il quale si ha completa fusione del ghiaccio (il calore latente di fusione del ghiaccio è $\lambda_f = 80\text{ kcal/kg}$).

$$V_f = 0.23\text{ m}^3$$

7. Una massa $m_1 = 0.1\text{ kg}$ di ghiaccio alla temperatura $T_1 = -10^\circ\text{C}$ viene mescolata adiabaticamente con una massa $m_2 = 0.2\text{ kg}$ di vapor d'acqua a temperatura $T_2 = 160^\circ\text{C}$ a pressione atmosferica. Si dica quale sarà la composizione finale della miscela una volta raggiunto l'equilibrio termico. Si assumano, per i calori specifici e i calori latenti, i seguenti valori:

- calore specifico del ghiaccio: $c_g = 0.5\text{ cal}/(\text{g}^\circ\text{C})$;
- calore specifico dell'acqua: $c_a = 1\text{ cal}/(\text{g}^\circ\text{C})$;
- calore specifico del vapor d'acqua: $c_v = 0.44\text{ cal}/(\text{g}^\circ\text{C})$;
- calore latente di condensazione del vapor d'acqua: $\lambda_v = 540\text{ cal/g}$;
- calore latente di fusione del ghiaccio: $\lambda_f = 80\text{ cal/g}$;

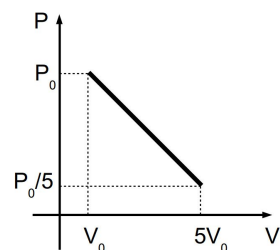
Si ottiene una miscela di vapore e acqua in equilibrio a 100°C , con $m = 24.48\text{ g}$ di massa di vapore condensata.

8. 3 moli di gas perfetto vengono riscaldate a volume costante somministrando una quantità di calore $Q_v = 7500\text{ J}$. Se invece il gas viene scaldato a pressione costante, per avere la stessa variazione di temperatura deve essere somministrata al gas una quantità di calore $Q_p = 12000\text{ J}$. Quale è la variazione di temperatura?

$$\Delta T = 180.42\text{ K}$$

9. 2 moli di un gas ideale biatomico compiono la trasformazione indicata in figura ($T_0 = 300\text{ K}$). Determinare:

- la temperatura massima del gas durante la trasformazione;
- La quantità netta di calore scambiato dal gas.

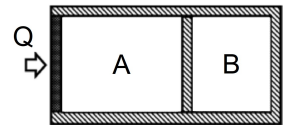


$$(a) T_{\max} = 540 \text{ K} \quad (b) Q = 12000 \text{ J} > 0 \text{ (assorbito)}$$

10. In un cilindro a pareti adiabatiche, scorre un pistone anch'esso adiabatico. Nello stato iniziale, 2 moli di gas monoatomico occupano un volume v_0 alla temperatura T_0 . Mediante una compressione reversibile, si porta il gas al volume $V_f = V_0/10$. Successivamente, viene aperta una valvola nel pistone, e il gas si espande liberamente riempiendo il volume V_0 . Sapendo che il lavoro fatto dall'esterno durante la fase di compressione del gas è $W = 27.7 \cdot 10^3 \text{ J}$, calcolare la temperatura iniziale T_0 e quella finale T_f .

$$T_0 = 304.96 \text{ K} \quad T_f = 1415.5 \text{ K}$$

11. Un cilindro chiuso ad entrambe le estremità ha volume $V = 60 \text{ dm}^3$ ed è diviso in due parti A e B tramite una parete scorrevole senza attrito e di volume trascurabile. Tutte le pareti sono rigide e adiabatiche, tranne la base della parte A del cilindro che è diatermana, ovvero consente lo scambio di calore. Inizialmente A e B hanno lo stesso volume e contengono ciascuna 3 moli di un gas perfetto monoatomico alla temperatura T_0 e alla pressione $p_0 = 2 \text{ atm}$ ($1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$). Attraverso la base del cilindro si fornisce calore al gas contenuto in A in modo reversibile; il gas in A si espande fino ad una condizione finale di equilibrio del sistema in cui $V_A = 2V_B$. Calcolare:



- le temperature dei gas in A e B nello stato finale di equilibrio del sistema;
- il lavoro compiuto dal gas A.
- la quantità di calore Q fornita al sistema.

$$(a) T_{Af} = 638.79 \text{ K} \quad T_{Bf} = 319.39 \text{ K} \quad (b) L_A = 2828.93 \text{ J} \quad (c) Q = 17601.82 \text{ J}$$

12. $n = 0.42$ moli di un gas ideale biatomico si trovano in un cilindro con pareti adiabatiche, chiuso con un pistone anch'esso adiabatico e di massa trascurabile. Inizialmente il gas occupa un volume $V_A = 10 \text{ l}$ alla pressione atmosferica $P_A = 1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$. Si effettua ora questa sequenza di azioni:

- Il pistone viene bloccato, in modo che non possa scorrere;
- un piccolo oggetto solido di volume trascurabile, inizialmente alla temperatura $T_0 = 580 \text{ K}$, è messo rapidamente nel cilindro tramite un piccolo sportello laterale;
- si attende che venga raggiunto l'equilibrio termico, poi l'oggetto viene estratto;
- si lascia ora il pistone libero di muoversi finché il gas raggiunge uno stato di equilibrio; in questa fase, il gas compie un lavoro $W = 705.4 \text{ J}$.

Calcolare la capacità termica del piccolo oggetto.

$$C = 349.37 \text{ J/K}$$

13. $n = 0.42$ moli di un gas ideale biatomico si trovano in un cilindro con pareti adiabatiche, chiuso con un pistone anch'esso adiabatico e di massa trascurabile. Inizialmente il gas occupa un volume $V_A = 10\text{ l}$ alla pressione atmosferica $P_A = 1\text{ atm} = 101325\text{ Pa}$. Si effettua ora questa sequenza di azioni:

- Il pistone viene bloccato, in modo che non possa scorrere;
- un piccolo oggetto solido di volume trascurabile, inizialmente alla temperatura $T_0 = 580\text{ K}$, è messo rapidamente nel cilindro tramite un piccolo sportello laterale;
- si attende che venga raggiunto l'equilibrio termico, poi l'oggetto viene estratto;
- si lascia ora il pistone libero di muoversi finché il gas raggiunge uno stato di equilibrio; in questa fase, il gas compie un lavoro $W = 705.4\text{ J}$.

Calcolare la capacità termica del piccolo oggetto.

$$C = 349.37\text{ J/K}$$