

Esercitazione 11
Fisica generale 1
Anna Murello
16/05/24

Esercizio 1

Una piccola sauna finlandese è costruita con assi di legno spesse 3.0 cm in modo da creare una struttura cubica di lato 2.0 m. Il coefficiente di conducibilità termica del legno utilizzato vale $0.30 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$.

- a) Quanto calore fluisce attraverso le pareti e il soffitto della sauna in un'ora se all'interno la temperatura è tenuta a 95°C e all'esterno ci sono -10°C ?
- b) Quanto costa mantenere accesa la sauna per un'ora in queste condizioni assumendo che essa sia scaldata a legna, sapendo che il legno utilizzato ha un potere calorifico di 13 MJ/kg e che costa 25 euro a quintale?
- c) Per ridurre i costi i proprietari della sauna decidono di rivestire la struttura esternamente con uno strato isolante di polistirolo spesso 5 cm, il cui coefficiente di conducibilità termica vale $0.01 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$. Quanto costerà mantenere accesa la sauna per un'ora nelle stesse condizioni del punto b, dopo aver effettuato questi lavori?
- d) Si determini la temperatura all'interfaccia legno-polistirolo.

(es. simili: 16.24, 16.30 pag. E81)

Esercizio 2

La parte emersa di un iceberg ha un volume di 200 m^3 . La densità del ghiaccio è $d_g = 9.18 \cdot 10^2 \text{ kg/m}^3$, mentre la densità dell'acqua di mare è $d_a = 1.03 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$.

- a) Quanta acqua sposta l'iceberg? Qual è il volume totale dell'iceberg?
- b) Stimare l'innalzamento del livello del mare, nel caso in cui l'iceberg si sciogla completamente.
- c) Se lo stesso volume di acqua liquida venisse posto in un contenitore cilindrico con area di base pari a 1 m^2 , di quanto si alzerebbe il livello dell'acqua aumentando la temperatura da 15°C a 17°C (il coefficiente di dilatazione volumica dell'acqua vale $0.21 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$)?

(es. simili: 15.15 pag. E74, 16.16 pag. E80)

Esercizio 3 (Prova d'esame del 14/01/2020)

Un recipiente di sezione $S = 100 \text{ cm}^2$ è chiuso in alto da un pistone di massa trascurabile scorrevole senza attrito. Il recipiente contiene $n = 0.40$ moli di azoto biatomico alla temperatura ambiente $T_1 = 300 \text{ K}$ e alla pressione atmosferica.

- Determinare l'altezza del pistone.
- Successivamente, viene appoggiata sul pistone una massa $m = 10 \text{ kg}$ mantenendo la temperatura costante. Calcolare la nuova altezza del pistone.
- Infine, si isola termicamente il sistema e si riscalda il gas fino a farlo tornare al volume iniziale. Calcolare la quantità di calore necessaria, il lavoro speso dal gas e la variazione di energia interna del gas nell'espansione.

Esercizio 4

Un recipiente cilindrico di altezza h ha pareti rigide e adiabatiche, tranne la base inferiore che è conduttrice. Esso è diviso in due camere da un pistone di peso e massa trascurabile, mobile senza attrito collegato ad una molla ideale di costante elastica k , fissata alla parete superiore del cilindro. Nella camera superiore (quella in cui è contenuta la molla) c'è il vuoto, mentre in quella inferiore sono contenute n moli di un gas perfetto monoatomico.

Inizialmente il recipiente è appoggiato su un supporto isolante, i volumi delle due camere sono uguali e la temperatura del gas è T_0 (uguale a quella dell'ambiente). A partire da questa condizione si toglie il supporto isolante e si fornisce lentamente calore al gas, fino a quando la compressione della molla è doppia rispetto a quella iniziale.

Determinare:

- la compressione iniziale della molla;
- la temperatura finale del gas;
- il calore assorbito dal gas.

Esercizio 5

Joule utilizzò, nel suo celebre esperimento, due masse da 15 kg ciascuna, che scendevano di 2 m . Il calorimetro e l'acqua in esso contenuta equivalevano a 5 kg di acqua. Trascurando il lavoro della forza d'attrito e l'energia cinetica residuale delle masse e delle pale, determinare l'incremento di temperatura misurabile dopo 20 successive cadute.

Esercizio 6

Prima di effettuare l'esperimento con il mulinello, Joule provò a determinare la relazione tra unità di calore e di lavoro misurando la differenza di temperatura dell'acqua fra la sommità e la base di una cascata di 100 m .

- Quale differenza di temperatura avrebbe dovuto misurare?
- Il valore ottenuto dipende dalla quantità di acqua analizzata?

In realtà Joule non riuscì ad osservare questo fenomeno, a causa della nebulizzazione dell'acqua e della sua evaporazione, che influiscono sul risultato finale.

Esercizio 7

Una mole di neon a pressione $p = 101 \text{ kPa}$ occupa un volume $V = 28.8 \text{ l}$.

- Determinare la media del quadrato della velocità delle molecole.
- Determinare la velocità quadratica media delle molecole.
- Determinare l'energia cinetica media delle molecole.

(es. simili: 18.6, 18.7 pag. E88)

Esercizio 8 (Esempi 18.5 e 18.6)

In un cilindro di un motore Diesel, l'aria ($\gamma = 1.40$) inizialmente a pressione atmosferica e a 310 K occupa un volume di 0.420 l . Essa viene compressa in modo quasi-statico e adiabatico fino a raggiungere un volume di 0.028 l (rapporto di compressione 15). Determinare:

- Il valore finale della pressione
- Il valore finale della temperatura
- Il lavoro compiuto dall'aria
- La variazione dell'energia interna dell'aria.

(es. simile: 18.35 pag. E91)

$$1) \quad C = \frac{Q}{t}$$

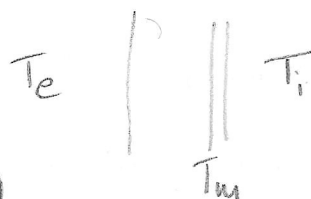
$$C = KA \frac{\Delta T}{L}$$

$$Q = tKA \frac{\Delta T}{L} = 3600s \cdot 0.3 \frac{W}{mK} \cdot 5 \cdot 2^2 m^2 \cdot \frac{105K}{0.03m} = 75.6 MJ$$

$$b) \quad m = \frac{75.6 MJ}{13 MJ/kg} = 5.8 kg \rightarrow 1.45 \text{ €}$$

$$c) \quad T_i - T_m = \frac{C}{A} \frac{L_e}{k_e} = \frac{C}{A} R_e$$

$$T_m - T_e = \frac{C}{A} \frac{L_p}{k_p} = \frac{C}{A} R_p$$



$$T_i - T_e = \frac{C}{A} \left(\frac{L_e}{k_e} + \frac{L_p}{k_p} \right) = \frac{C}{A} (R_e + R_p)$$

(In condizioni di regime stazionario $\frac{C}{A}$ è la stessa in tutti gli strati)

$$Q = \frac{t A \Delta T}{\left(\frac{L_e}{k_e} + \frac{L_p}{k_p} \right)} = \frac{3600s \cdot 20 m^2 \cdot 105K}{\frac{0.03 m^2K}{0.3 W} + \frac{0.05 m^2K}{0.01 W}} = \frac{7.56}{0.1 + 5} MJ = 1.48 MJ$$

$\downarrow$
0.03 €

$$d) \quad T_m = \frac{C}{A} R_p + T_e = \frac{\Delta T}{R_e + R_p} R_p + T_e = \frac{105K}{\frac{5 m^2K}{W} + 263K} \cdot \frac{5 m^2K}{W} + 263K = 366K = 93^\circ \text{C}$$

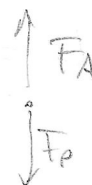
$$2) \quad F_p = F_A$$

$$mg = d_g V_g$$

$$d_g V_g = d_a V_s$$

↑
volume
totale
del giaracio = $V_s + V_e$

volume di
acqua spostata



$$d_g V_s + d_g V_e = d_a V_s$$

$$V_s (d_a - d_g) = V_e d_g$$

$$V_s = \frac{d_g}{d_a - d_g} V_e = 8.2 V_e = 1.6 \cdot 10^3 m^3 \quad V_g = V_e + V_s = 1.8 \cdot 10^3 m^3$$

b) 0m

Quando il ghiacciaio si scioglie la sua massa non cambia, quindi il volume occupato dall'acqua fusa sarà quello occupato prima dalla sola parte immersa

c) $V_0 = 1.8 \cdot 10^3 \text{ m}^3$

$$\Delta V = \beta V_0 \Delta T = \frac{0.21}{^\circ\text{C}} \cdot 1.8 \cdot 10^3 \text{ m}^3 \cdot 2^\circ\text{C} = 0.756 \text{ m}^3$$

$$\Delta h \approx 75 \text{ cm}$$

3) a) $h_i = \frac{V_i}{S} = \frac{nRT}{p_i S} = \frac{0.40 \text{ mol} \cdot 8.31 \text{ J/(mol}\cdot\text{K)} \cdot 300 \text{ K}}{1.01 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 10^{-2} \text{ m}^2} = 0.98 \text{ m}$

b) $p_i V_i = p_f V_f$

$$V_f = \frac{p_i V_i}{p_f} = \frac{p_i S h_i}{p_f}$$

$$h_f = \frac{p_i h_i}{p_i + \frac{mg}{S}} = \frac{1.01 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 0.98 \text{ m}}{1.01 \cdot 10^5 \text{ Pa} + \frac{10 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2}{10^{-2} \text{ m}^2}} = \frac{0.99 \cdot 10^5}{1.11 \cdot 10^5} = 0.89 \text{ m}$$

c)

$$Q = n C_p \Delta T = n \frac{7}{2} R \Delta T$$

↓
gas biatomico $C_p = \frac{7}{2} R$

$$L = p \Delta V = \left(p_i + \frac{mg}{S}\right) \Delta V = 97 \text{ J} = n R \Delta T$$

$$Q = \frac{7}{2} L = 338 \text{ J}$$

$$\Delta U = Q - L = 242 \text{ J}$$

$$4) \quad V_A = V_B$$

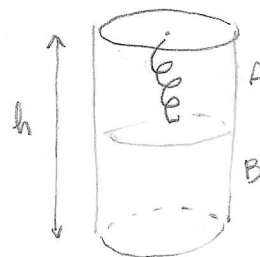
$$T_0$$

$$a) \quad p_i S = k \Delta l$$

$$p_i V_B = n R T_0$$

$$\frac{k \Delta l}{S} = \frac{n R T_0}{V_B} \quad \rightarrow \quad T_0 = \frac{k \Delta l}{n R} \frac{h}{2}$$

$$\Delta l = \frac{n R T_0 S}{k V_B} = \frac{n R T_0 S}{k S \frac{h}{2}} = \frac{2 n R T_0}{h k}$$



$$b) \quad V_f = \left(\frac{h}{2} + \Delta l \right) S$$

$$p_f = \frac{n R T_f}{V_f} = \frac{2 k \Delta l}{S}$$

$$T_f = \frac{2 k \Delta l V_f}{S n R} = \frac{2 k \Delta l}{S n R} \left(\frac{h}{2} + \Delta l \right) S = \frac{2 k \Delta l}{n R} \frac{h}{2} \left(1 + \frac{\Delta l}{\frac{h}{2}} \right) = 2 T_0 \left(1 + \frac{\Delta l}{\frac{h}{2}} \right)$$

$$T_f > T_0$$

$$c) \quad \Delta U > 0$$

$$L > 0$$

$$L = \frac{k (2 \Delta l)^2}{2} - \frac{k \Delta l^2}{2} = \frac{3 k \Delta l^2}{2}$$

$$Q = \Delta U + L = n c_v \Delta T + L = n \frac{3}{2} R \underset{\substack{\uparrow \\ \frac{3}{2} R}}{2 T_0 \frac{\Delta l}{\frac{h}{2}}} + \frac{3 k \Delta l^2}{2} > 0$$

$$5) \quad \Delta U = 2 M g h \cdot 20 = 40 \cdot 10 \text{ kg} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2 \cdot 2 \text{ m} = 11760 \text{ J}$$

$$= m C \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{\Delta U}{m C} = \frac{11760 \text{ J}}{5 \text{ kg} \cdot 1 \text{ cal} \cdot 10^3 \cdot 4.186 \text{ J/cal}} \approx 0.6^\circ \text{C}$$

$$6) \quad mgh = mc\Delta T$$

$$\Delta T = \frac{gh}{c} = \frac{9.8 \text{ m/s}^2 \cdot 100 \text{ m}}{4186 \text{ J}} \text{ Kg}^\circ\text{C} \approx 0,23^\circ\text{C} \quad \text{indipendentemente dalla quantità di acqua.}$$

$$7) \quad n=1$$

$$p = 101 \text{ kPa}$$

$$V = 28.8 \text{ l}$$

$$a) \quad pV = \frac{Nm \langle v^2 \rangle}{3}$$

$$\langle v^2 \rangle = \frac{3pV}{Nm} = \frac{3 \cdot 101 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot 28.8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{20 \cdot 10^{-3} \text{ Kg/mol}} = 4.4 \cdot 10^5 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$b) \quad v_{\text{qm}} = \sqrt{\langle v^2 \rangle} = 66 \cdot 10^2 \text{ m/s}$$

$$c) \quad \langle k \rangle = \frac{3}{2} kT = \frac{3}{2} k \frac{pV}{nR} = \frac{3}{2} \frac{1.38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} \cdot 101 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot 28.8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{8.31 \text{ J/molK}}$$

$$= 7.2 \cdot 10^{-21} \text{ J}$$

$$8) \quad a) \quad p_i V_i^\gamma = p_f V_f^\gamma$$

$$p_f = p_i \left(\frac{V_i}{V_f} \right)^\gamma = 101 \cdot 10^3 \text{ Pa} \cdot 15^{1.4} = 4.5 \text{ MPa}$$

$$b) \quad p_f V_f = nRT_f$$

$$T_f = \frac{p_f V_f}{nR} = \frac{T_i p_i V_f}{p_i V_i} = 920 \text{ K} > T_i$$

$$c) \quad W = \int p dV = \int_{V_i}^{V_f} \frac{p_i V_i^\gamma}{V^\gamma} dV = p_i V_i^\gamma \int_{V_i}^{V_f} \frac{1}{V^\gamma} dV = p_i V_i^\gamma \frac{1}{1-\gamma} V^{1-\gamma} \Big|_{V_i}^{V_f}$$

$$= \frac{p_i V_i^\gamma}{1-\gamma} \left[V_f^{1-\gamma} - V_i^{1-\gamma} \right] = \frac{p_i V_i}{1-\gamma} \left[\left(\frac{V_f}{V_i} \right)^{1-\gamma} - 1 \right] = \frac{p_i V_i}{\gamma-1} \left[1 - \left(\frac{V_i}{V_f} \right)^{\gamma-1} \right]$$

$$= -210 \text{ J}$$

$$d) \quad \Delta U = Q - W = 210 \text{ J}$$