Soluzione 1

a) Nel tratto iniziale la forza di gravità e la reazione vincolare si annullano reciprocamente. Per calcolare la costante elastica si può utilizzare la formula per il lavoro della forza di attrito (non conservativa) che risulta uguale alla differenza dell'energia meccanica tra l'istante iniziale e il momento dell'entrata del corpo nella guida:

$$\frac{1}{2}Mv_i^2 - \frac{1}{2}kx^2 = -\mu_d Mgx \quad \Rightarrow \quad k = \frac{M}{x}\left(\frac{v_i^2}{x} + 2\mu_d g\right) = \frac{1.28}{0.321}\left(\frac{6.02^2}{0.321} + 2 \cdot 0.25 \cdot 9.8\right) = 470\,\mathrm{N/m}$$

b) Nel tratto associato con la guida semicircolare la reazione vincolare non compie lavoro essendo perpendicolare allo spostamento. Solo la forza di gravità, conservativa, compie lavoro e quindi si può usare la conservazione dell'energia meccanica tra il momento dell'entrata (oppure l'istante iniziale) e il momento dell'uscita:

$$\frac{1}{2}Mv_u^2 - \frac{1}{2}Mv_i^2 = Mg2R \quad \Rightarrow \quad v_u = \sqrt{v_i^2 + 4gR} = \sqrt{6.02^2 + 4 \cdot 9.8 \cdot 0.88} = 8.41\,\mathrm{m/s}$$

c) Per trovare la reazione vincolare **N** si usa il diagramma delle forze, tenendo presente che la risultante è la forza centripeta associata alla velocità di uscita:

$$N - Mg = M\frac{v_u^2}{R} \quad \Rightarrow \quad N = M\left(g + \frac{v_u^2}{R}\right) == 1.28\left(9.8 + \frac{8.41^2}{0.88}\right) = 115\,\mathrm{N}$$

N è diretta verticalmente, in verso opposto rispetto alla forza di gravità.

Soluzione 2

a) Essendo BC una trasformazione isobara, usando la I legge di Gay-Lussac, si ha:

$$T_C = T_B\frac{V_C}{V_B} = T_A\frac{V_A}{3V_A} = 102\,\mathrm{K}$$

b) Per trovare L_{AB} si deve calcolare L_{BC}, cioè il lavoro di una isobara reversibile:

$$L_{BC} = p_C(V_C - V_B) = nR(T_C - T_B) = 2.40 \cdot 8.314 \cdot (102 - 306) = -4.07 \cdot 10^3\ \mathrm{J}$$

$$L_{AB} = L_{ABC} - L_{BC} = 480 + 4070 = 4.55 \cdot 10^3\ \mathrm{J}$$

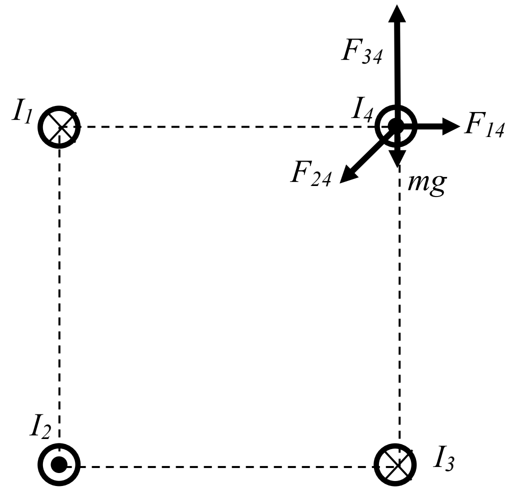
c) Nel caso della trasformazione AB, usando il I principio della termodinamica, si ha:

$$\Delta U = 0 \quad \Rightarrow \quad Q_{AB} = L_{AB} = 4.55 \cdot 10^3\ \mathrm{J}$$

Per la trasformazione BC invece, sempre applicando il I principio, si ha:

$$Q_{BC} = L_{BC} + \Delta U = L_{BC} + nc_v\Delta T = L_{BC} + n\frac{5}{2}R(T_C - T_B) = -4070 + 2.40 \cdot \frac{5}{2} \cdot 8.314(102 - 306) = -1.42 \cdot 10^4\ \mathrm{J}$$

Soluzione 3



a) Le tre forze esercitate dai primi tre fili sul quarto sono rispettivamente:

$$F_{14} = \frac{\mu_0 I_1 I_4}{2\pi D}L \qquad F_{24} = \frac{\mu_0 I_2 I_4}{2\pi D\sqrt{2}}L \qquad F_{34} = \frac{\mu_0 I_3 I_4}{2\pi D}L$$

Per poter contrastare F_{14} diretta verso destra, F_{24} deve avere una componente verso sinistra e quindi la corrente I_2 dev'essere uscente dal foglio. Le forze si dispongono come in figura.

Imponendo la condizione di equilibrio sulla componente orizzontale si ha:

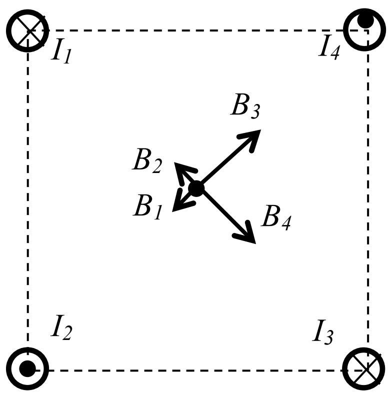
$$F_{14} = F_{24}\frac{\sqrt{2}}{2} \quad \Rightarrow \quad \frac{\mu_0 I_1 I_4}{2\pi D}L = \frac{\mu_0 I_2 I_4}{2\pi D\sqrt{2}}L\frac{\sqrt{2}}{2} \quad \Rightarrow \quad I_2 = 2I_1 = 2\frac{55.8}{10} = 11.2\,A$$

b) La massa del filo si trova imponendo la condizione di equilibrio sulla componente verticale:

$$mg = F_{34} - F_{24}\frac{\sqrt{2}}{2} \quad \Rightarrow \quad m = \frac{\mu_0 I_4}{2\pi D g}L\left(I_3 - \frac{I_2}{2}\right) = \frac{2\cdot 10^{-7}55.8}{3.48\cdot 10^{-2}9.8}10.4\left(55.8 - \frac{11.2}{2}\right) = 1.71\cdot 10^{-2}\,\mathrm{Kg} = 17.1\,\mathrm{g}$$

c) I campi magnetici prodotti dai fili sono disposti come in figura:

La componente verticale di B3 si annulla con quella di B4 e quindi per questa componente si ha:



$$B_{vert} = (B_2 - B_1)\frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{\mu_0 (I_2 - I_1)}{2\pi D\frac{\sqrt{2}}{2}}\frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{2\cdot 10^{-7}(11.2 - 5.58)}{3.48\cdot 10^{-2}} = 3.23\cdot 10^{-5}\,\mathrm{T}$$