Soluzione 1

a) La slitta si muove se è soddisfatta la condizione

$$F\cos\theta > \mu_s\left(Mg - F\sin\theta\right) \Rightarrow M < \frac{F\cos\theta + \mu_s F\sin\theta}{\mu_s g} = \frac{102\cos 42° + 0.12\cdot 102\sin 42°}{0.12\cdot 9.8} = M_{\max} = 71.4\ \text{Kg}$$

b) Scrivendo per componenti la seconda legge della dinamica si ha:

$$\begin{cases} N + F\sin\theta - Mg = 0 \\ F\cos\theta - \mu_d N = Ma \end{cases} \Longrightarrow \begin{cases} N = Mg - F\sin\theta \\ F\cos\theta - \mu_d\left(Mg - F\sin\theta\right) = Ma \end{cases}$$

Risolvendo per l'accelerazione ed usando per la massa il valore $M = M_{max}/2 = 35.7$ Kg, si trova:

$$a = \frac{F\cos\theta - \mu_d\left(Mg - F\sin\theta\right)}{M} = \frac{102\cos 42° - 0.06\left(35.7\cdot 9.8 - 102\sin 42°\right)}{35.7} = 1.65\ \text{m/s}^2$$

c) In entrambi i casi si tratta del lavoro di una forza costante, quindi si ha:

$$L(F) = \vec{F}\cdot\vec{d} = Fd\cos\theta = 102\cdot 23\cos 42° = 1740\ \text{J}$$
$$L(F_a) = \vec{F_a}\cdot\vec{d} = \mu_d\left(Mg - F\sin\theta\right)d\cos 180° = -0.06\left(35.7\cdot 9.8 - 102\sin 42°\right)23 = -389\ \text{J}$$

Soluzione 2

a) Imponendo che nel cilindro sia soddisfatta la condizione $\Delta Q = 0$, si ha:

$$m_{Cu}c_{Cu}\left(T_e - T_{Cu}\right) + nc_V\left(T_e - T_0\right) = 0$$

Esplicitando in funzione del numero di moli e considerando che per il calore specifico dell'ossigeno molecolare si deve usare il valore associato ad un gas biatomico per una trasformazione a volume costante (c_V=5/2 R), si ottiene:

$$n = -\frac{m_{Cu}c_{Cu}\left(T_e - T_{Cu}\right)}{\frac{5}{2}R\left(T_e - T_0\right)} = -\frac{0.42\cdot 385\left(395 - 570\right)}{2.5\cdot 8.31\left(395 - 320\right)} = 18.2\,\text{moli}$$

La pressione del gas alla temperatura di equilibrio si ottiene dall'equazione di stato dei gas perfetti:

$$p_e = \frac{nRT_e}{V} = \frac{18.2\cdot 8.31\cdot 395}{88\cdot 10^{-3}} = 6.79\cdot 10^5\,\text{Pa} = 6.70\,\text{atm}$$

b) Il calore ceduto dalla sorgente equivale a quello necessario per portare sia il blocchetto di rame che il gas dalla temperatura T_e alla temperatura T_S:

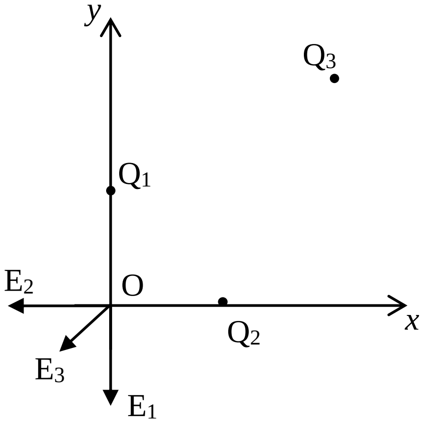
$$Q_S = m_{Cu}c_{Cu}\left(T_S - T_e\right) + nc_V\left(T_S - T_e\right) = 0.42\cdot 385\cdot 93 + 18.2\cdot 2.5\cdot 8.31\cdot 93 = 5.02\cdot 10^4\ \text{J}$$

c) La variazione di energia interna si trova applicando la formula per le temperature T_0 e T_S:

$$\Delta U = nc_V\left(T_S - T_0\right) = 18.2 \cdot 2.5 \cdot 8.31 \cdot 168 = 6.35 \cdot 10^4 \text{ J}$$

Tra lo stato iniziale e quello finale il volume del gas non cambia, quindi il lavoro è pari a zero.

Soluzione 3



a) Essendo tutte le cariche positive, le linee di forza escono dalle cariche e quindi il campo elettrico nell'origine è diretto come illustrato in figura. La formula per il campo elettrico di una carica puntiforme dà i seguenti risultati:

$$E_1 = \left(0, -\frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0 d^2}\right)$$

$$E_2 = \left(-\frac{Q_2}{4\pi\varepsilon_0 d^2}, 0\right)$$

$$E_3 = \left(-\frac{Q_3}{4\pi\varepsilon_0 \left(2\sqrt{2}d\right)^2}\frac{\sqrt{2}}{2}, -\frac{Q_3}{4\pi\varepsilon_0 \left(2\sqrt{2}d\right)^2}\frac{\sqrt{2}}{2}\right)$$

Usando il principio di sovrapposizione si trova:

$$E_{tot} = \left(-\frac{1}{4\pi\varepsilon_0 d^2}\left(Q_2 + \frac{Q_3}{8}\frac{\sqrt{2}}{2}\right), -\frac{1}{4\pi\varepsilon_0 d^2}\left(Q_1 + \frac{Q_3}{8}\frac{\sqrt{2}}{2}\right)\right) =$$

$$= \left(-\frac{8.99 \cdot 10^9}{0.84^2}\left(3 + \frac{6\sqrt{2}}{16}\right) \cdot 10^{-9}, -\frac{8.99 \cdot 10^9}{0.84^2}\left(3 + \frac{6\sqrt{2}}{16}\right) \cdot 10^{-9}\right) = \left(-45.0, -45.0\right) \text{V/m}$$

b) Per calcolare la differenza di potenziale si deve usare il principio di sovrapposizione, ma si può notare che il potenziale relativo alla carica Q_1 è uguale nei punti P e O, così come il potenziale relativo alla carica Q_2. Basterà calcolare la differenza di potenziale dovuta alla carica Q_3:

$$\Delta V = V_O - V_P = \frac{Q_3}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{2\sqrt{2}d} - \frac{1}{\sqrt{2}d}\right) = \frac{Q_3}{4\pi\varepsilon_0 \sqrt{2}d}\left(\frac{1}{2} - 1\right) = -\frac{8.99 \cdot 10^9 \cdot 6 \cdot 10^{-9}}{2\sqrt{2} \cdot 0.84} = -22.7 \text{ V}$$

c) Essendo il campo elettrico conservativo, si può utilizzare la conservazione dell'energia meccanica. Partendo la particella da ferma si ha:

$$qV_O + 0 = qV_P + \frac{1}{2}mv_P^2$$

Esplicitando rispetto a v_P si ha:

$$v_P = \left[\frac{2}{m}q\left(V_O - V_P\right)\right]^{1/2} = \left[\frac{2 \cdot 1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 22.7}{1.67 \cdot 10^{-27}}\right]^{1/2} = 6.60 \cdot 10^4 \text{ m/s}$$