Soluzione 1

a) Il corpo non si muove se:
$\mu_s mg\cos\theta > mg\sin\theta \quad \Rightarrow \quad \mu_s > \tan\theta = 0.90$

b) Esprimendo il lavoro della forza di attrito tramite la differenza dell'energia meccanica tra il momento in cui il corpo inizia a scendere e il momento in cui si ferma alla massima compressione della molla, si ha:

$$\frac{1}{2}kX^2 - Mg(L+X)\sin\theta = -\mu_d mg\cos\theta(L+X) \quad \Rightarrow \quad k = \frac{2Mg(L+X)(\sin\theta - \mu_d\cos\theta)}{X^2} = 1770\,\text{N/m}$$

c) Per trovare D si applica di nuovo la formula relativa al lavoro della forza di attrito scegliendo per istante iniziale quando il corpo inizia la discesa e per istante finale quando il corpo si ferma dopo la risalita. Si ha:

$$MgD\sin\theta - MgL\sin\theta = -\mu_d Mg\cos\theta[2X + L + D]$$

Si trova:

$$D = \frac{L(\sin\theta - \mu_d\cos\theta) - 2\mu_d X\cos\theta}{\sin\theta + \mu_d\cos\theta} = 5.12\,\text{m}$$

Soluzione 2

a) Usando l'equazione di stato dei gas perfetti si ha:

$$V_i = \frac{nRT_i}{p_0} = \frac{2.40\cdot 8.31\cdot 297}{101300} = 0.0585\,\text{m}^3 = 58.5\,\text{l} \quad \Rightarrow \quad \text{h} = \frac{\text{V}}{\pi\,\text{D}^2/4} = 0.637\,\text{m}$$

b) La temperatura finale si calcola sfruttando la I legge di Gay-Lussac:

$$T_f = \frac{V_f}{V_i}T_i = \frac{h+x}{h}T_i = 368\,\text{K}$$

La differenza di energia interna ha due contributi: quello del gas e quello del blocchetto di ferro:

$$\Delta U = [nc_v + m_{Fe}c_{Fe}](T_f - T_i) = [2.4\cdot 2.5\cdot 8.31 + 0.180\cdot 444]\cdot(368-297) = 9.21\cdot 10^3\,\text{J}$$

c) La quantità di calore ceduta al sistema si trova utilizzando il I principio della termodinamica:

$$Q = \Delta U + L = \Delta U + p_0\cdot\left(x\cdot\pi\frac{D^2}{4}\right) = 9210 + 101300\cdot\left(0.152\cdot\pi\frac{0.342^2}{4}\right) = 9210 + 1410 = 10600\,\text{J}$$

Soluzione 3

a) La velocità v_1 si trova utilizzando la formula relativa al moto uniformemente accelerato:

$$v_1^2 = v_0^2 + 2\frac{qE}{m}d = 5.76\cdot 10^{10} + 2\frac{1.6\cdot 10^{-19}\cdot 520}{1.67\cdot 10^{-27}}0.87 = 14.43\cdot 10^{10} \quad \Rightarrow \quad v_1 = 3.80\cdot 10^5\,\text{m/s}$$

Il modulo della velocità della particella nella regione 1 rimane costante perché la forza magnetica è sempre perpendicolare alla velocità e quindi ne cambia solo la direzione. La particella quindi esce dalla regione 1 con velocità v_1 e subisce una decelerazione uguale in modulo all'accelerazione subita nel tratto iniziale. Quindi si ha $v_2 = v_0 = 2.40 \cdot 10^5$ m/s

b) Perché la particella segua la traiettoria descritta in figura il campo magnetico **B** dev'essere uscente dal foglio. Il suo modulo si calcola imponendo che il raggio della traiettoria circolare sia pari ad $x/2$:

$$\frac{x}{2} = \frac{mv_1}{qB} \quad \Rightarrow \quad B = \frac{2mv_1}{qx} = \frac{2 \cdot 1.67 \cdot 10^{-27} \cdot 3.8 \cdot 10^5}{1.6 \cdot 10^{-19} \cdot 0.672} = 1.18 \cdot 10^{-2}\,\mathrm{T}.$$

c) La traiettoria semicircolare viene percorsa alla velocità costante v_1. Per il tempo di percorrenza si ha:

$$T = \frac{\pi x}{2v_1} = \frac{\pi \cdot 0.672}{2 \cdot 3.8 \cdot 10^5} = 2.78 \cdot 10^{-6}\ \mathrm{s}$$