1 Ponto 115 - 2002

I

	Versão 1	Versão 2
1.	(D)	(B)
2.	(B)	(D)
3.	(C)	(B)
4.	(B)	(C)
5	(B)	(C)
6.	(C)	(D)

II

1.

1.1. Vamos considerar que ambas as janelas estão na mesma linha vertical, que fazemos coincidir com o eixo dos y (esta suposição não condiciona a resolução do problema). Significa apenas que para ambas as bolas, a coordenada x do ponto de lançamento é nula. Colocamos a origem do referencial ao nível da rua, de modo que as coordenadas do ponto de lançamento da bola da criança A são $(0, y_{\mathrm{A}_0})$ e as do ponto de lançamento da criança B $(0, y_{\mathrm{B}_0})$. As equações do movimento para a bola A são

$$x_{\mathrm{A}} = 2,0t \tag{1}$$

$$y_{\mathrm{A}} = y_{\mathrm{A}_0} - \frac{1}{2}gt^2, \tag{2}$$

as da bola B são

$$\begin{aligned} x_{\mathrm{B}} &= 3,0t \\ y_{\mathrm{B}} &= y_{\mathrm{B}_0} + 3,0t - \frac{1}{2}gt^2. \end{aligned} \tag{3}$$

Podemos obter o tempo de voo da bola A (que é também o da bola B) utilizando o facto de a bola A ter atingido o solo a 2,0 m da vertical do lançamento. Obtemos, utilizando a eq. (1)

$$\begin{aligned} t_{\mathrm{voo}} &= \frac{2,0}{2,0} \\ &= 1 \text{ s}, \end{aligned}$$

que, substituído na eq. (2) com $y_{\mathrm{A}} = 0$, conduz a

$$\begin{aligned} 0 &= y_{\mathrm{A}_0} - \frac{1}{2}10 \times 1^2 \\ y_{\mathrm{A}_0} &= 5 \text{ m}. \end{aligned}$$

Por sua vez, substituindo $t = 1$ s com $y_{\mathrm{A}} = 0$ na eq. (3), obtemos

$$\begin{aligned} 0 &= y_{\mathrm{B}_0} + 3,0 \times 1 - \frac{1}{2}10 \times 1^2 \\ y_{\mathrm{B}_0} &= 2 \text{ m}. \end{aligned}$$

1.2. No ponto em que a bola atinge a altura máxima, a componente segundo o eixo dos y da sua velocidade é nula. Consequentemente o valor da velocidade nesse ponto coincide com a componente segundo o eixo dos x, que é constante. Assim, no ponto em que a bola B atinge a altura máxima a sua velocidade é

$$\vec{v}_{\mathrm{B}} = 3,0\,\vec{e}_x.$$

1.3 A velocidade da bola B é

$$\begin{aligned}\vec{v}_{\mathrm{B}} &= \vec{v}_{0\mathrm{B}} + \vec{g}t \\ &= 3,0\,\vec{e}_x + (3,0 - 10t)\ \vec{e}_y.\end{aligned}$$

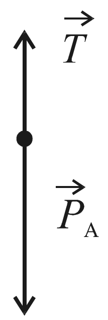
A bola B atinge o solo após o tempo de voo de 1 s, sendo a sua velocidade

$$\vec{v}_{\mathrm{B}} = 3,0\,\vec{e}_x - 7,0\,\vec{e}_y\ (\mathrm{m\ s^{-1}}),$$

cujo módulo é

$$\begin{aligned}v_{\mathrm{B}} &= \sqrt{3,0^2 + 7,0^2} \\ &= 7,6\ \mathrm{m\ s^{-1}}\end{aligned}$$

2.
2.1



Legenda:
$\vec{T}$ - Tensão do fio
$\vec{P}_{\mathrm{A}}$ - Peso do corpo A
Aqui foi desprezada a resistência do ar ao deslocamento do corpo

2.2 A equação que traduz a 2.^{a} lei de Newton aplicada ao corpo A é

$$\vec{T} + \vec{P}_{\mathrm{A}} = m\vec{a}$$

ou, considerando o eixo dos y da figura do enunciado,

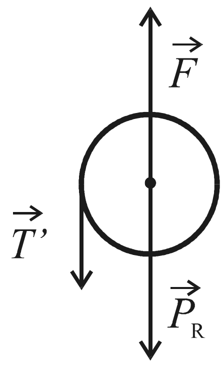
$$T - P_{\mathrm{A}} = ma.$$

Durante o 1.^{o} segundo do movimento, um corpo que parte do repouso e se desloca rectilineamente com aceleração de módulo a, desloca-se de uma distância $y = \frac{1}{2}a$. Consequentemente o módulo da aceleração do corpo é numericamente igual 2 vezes a distância percorrida no primeiro segundo. O módulo da aceleração é, portanto,

$$|a| = 4,0\ \mathrm{m\ s^{-2}},$$

e o módulo da resultante das forças que actuam no corpo é $m\,|a|$, ou seja, 2,0 N.

2.3.



Legenda da figura:
$\vec{F}$ - força aplicada pelo suporte sobre a roldana
$\vec{P}_{\rm R}$ - peso da roldana
$\vec{T}'$ - tensão do fio.

2.4 O módulo do momento da força que actua na roldana e que é responsável pela sua aceleração é, em relação ao ponto O,

$$M = RT'.$$

Por sua vez $T' = T$, visto que a tensão no fio tem o mesmo valor em todos os pontos deste. Mas

$$T - P_{\rm R} = ma,$$

como $a = -4,0$ m s^{-2} e $m = 0,5$ kg, obtemos

$$\begin{aligned} T &= m(g + a) \\ &= 0,5\,(10,0 - 4,0) \\ &= 3,0 \text{ N} \end{aligned}$$

O momento da força que actua na roldana, em relação ao ponto O, é, então

$$\begin{aligned} \vec{M} &= \vec{R} \times \vec{T}' \\ &= -R\,\vec{e}_x \times (-T'\vec{e}_y) \\ &= RT'\vec{e}_z \\ &= 0,15\,\vec{e}_z \text{ N m} \end{aligned}$$

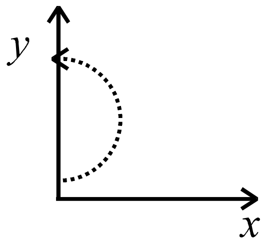
A direcção do momento de força é a do eixo dos z e o sentido é o sentido positivo deste eixo (perpendicular ao plano do papel e a apontar para fora).

3.

3.1 A força magnética a que o electrão fica sujeito é dada por $\vec{F}_{\rm m} = q_{\rm e}\vec{v} \times \vec{B}$. Como $\vec{v}$ é perpendicular a $\vec{B}$, o módulo da força magnética é $F_{\rm m} = |q_{\rm e}vB|$, ou

$$\begin{aligned} F_{\rm m} &= 1,60 \times 10^{-19} \times 1,50 \times 10^{7} \times 1,20 \\ &= 2,88 \times 10^{-12} \text{ N}. \end{aligned}$$

3.2



3.3. O movimento é uniforme porque a força que actua no electrão é centrípeta, e portanto não tem componente tangencial. Não pode, pois, alterar o módulo da velocidade, mas apenas a sua direcção.

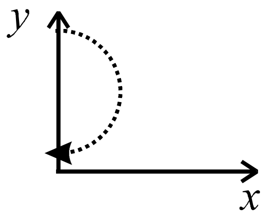
3.4. A força magnética é igual ao produto da massa do electrão pela sua aceleração ou, como o movimento é circular uniforme,

$$F_{\mathrm{m}} = |q_{\mathrm{e}}|\, vB = \frac{m_{\mathrm{e}} v^2}{R}$$

de onde se obtém o raio da trajectória do electrão

$$\begin{aligned} R &= \frac{m_{\mathrm{e}} v}{|q_{\mathrm{e}}|\, B} \\ &= \frac{9,11 \times 10^{-31} \times 1,50 \times 10^{7}}{1,60 \times 10^{-19} \times 1,20} \\ &= 7,12 \times 10^{-5}\ \mathrm{m}. \end{aligned}$$

3.5.
3.5.1



3.5.2. O sentido do movimento é oposto ao do electrão. O raio da trajectória é cerca de 2000 vezes superior ao da trajectória do electrão, porque a massa do protão é cerca de 2000 vezes maior do que a do electrão.

III

1. A força aplicada, na iminência do movimento é igual, em valor absoluto à força máxima de atrito entre as duas superfícies em contacto e o módulo desta última é

$$F = \mu N = \mu P,$$

em que μ é o coeficiente de atrito estático, N é o módulo da força normal que a superfície exerce no corpo, e P é o módulo do peso deste. A diferença de valores significa que o coeficiente de atrito estático entre o material de que é feito o corpo e a madeira é diferente do coeficiente de atrito estático entre o material de que é feito o corpo e o feltro.

2.
2.1
Situação B:

$$\begin{aligned}
\mu_1 &= \frac{F_1}{mg} = \frac{11,50}{2,0 \times 10} = 0,58 \\
\mu_2 &= \frac{F_2}{mg} = \frac{11,02}{2,0 \times 10} = 0,55 \\
\mu_3 &= \frac{F_3}{mg} = \frac{11,50}{2,0 \times 10} = 0,58.
\end{aligned}$$

2.2. O valor médio é

$$\begin{aligned}
\overline{\mu} &= \frac{0,58 + 0,55 + 0,58}{3} \\
&= 0,57.
\end{aligned}$$

A incerteza absoluta é o maior dos desvios (em módulo) dos resultados em relação ao valor médio:

$$\Delta\mu = 0,02.$$

Consequentemente, o coeficiente de atrito estático é $\mu = 0,57 \pm 0,02$.

2.3. A incerteza relativa é

$$\begin{aligned}
\frac{\Delta\mu}{\overline{\mu}} &= \frac{0,02}{0,57} \\
&= 0,04 \\
&= 4\%.
\end{aligned}$$