E-fólio A | Folha de resolução para E-fólio

UNIDADE CURRICULAR: FÍSICA GERAL

CÓDIGO: 21048

DOCENTE: Nuno Sousa

ANO LETIVO: 2019-20

TRABALHO / RESOLUÇÃO:

Q1

(a) Há várias formas de resolver esta questão, mas a mais simples é usar o teorema de impulso-momento $I = \Delta p$, juntamente com a definição de impulso $I = F\Delta t$. Temos então

$$I = \Delta p \Leftrightarrow F\Delta t = m\Delta v \Leftrightarrow v - 0 = \frac{F\Delta t}{m} \Leftrightarrow v = \frac{24 \cdot 0{,}25}{3{,}0} = 2{,}0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

(b) Numa colisão conserva-se sempre o momento linear. Se for elástica, como é o caso, então conserva-se também a energia cinética. Escrevendo as condições de conservação destas duas grandezas temos, designando por i e f os instantes antes e depois da colisão e no SI,

$$\begin{cases} m_A v_{Ai} + m_B v_{Bi} = m_A v_{Af} + m_B v_{Bf} \\ \frac{1}{2} m_A v_{Ai}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bi}^2 = \frac{1}{2} m_A v_{Af}^2 + \frac{1}{2} m_B v_{Bf}^2 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 3{,}0 \cdot 2{,}0 + 0 = 3{,}0 v_{Af} + 2{,}0 v_{Bf} \\ \frac{1}{2} 3{,}0 \cdot (2{,}0)^2 + 0 = \frac{1}{2} 3{,}0 v_{Af}^2 + \frac{1}{2} 2{,}0 v_{Bf}^2 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} 6{,}0 = 3{,}0 v_{Af} + 2{,}0 v_{Bf} \\ 6{,}0 = 1{,}5 v_{Af}^2 + v_{Bf}^2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} v_{Af} = \frac{6{,}0 - 2{,}0 v_{Bf}}{3{,}0} = 2 - \frac{2}{3} v_{Bf} \\ 6{,}0 = 1{,}5 \left(2 - \frac{2}{3} v_{Bf}\right)^2 + v_{Bf}^2 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \cdots \\ 6{,}0 = 1{,}5 \left(4 - \frac{8}{3} v_{Bf} + \frac{4}{9} v_{Bf}^2\right) + v_{Bf}^2 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \cdots \\ 6{,}0 = 6{,}0 - 4 v_{Bf} + \frac{2}{3} v_{Bf}^2 + v_{Bf}^2 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \cdots \\ 0 = -4 v_{Bf} + \frac{5}{3} v_{Bf}^2 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \cdots \\ 0 = v_{Bf} \left(-4 + \frac{5}{3} v_{Bf}\right) \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \cdots \\ v_{Bf} = 0 \vee v_{Bf} = \frac{12}{5} \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} v_{Af} = 2 - \frac{2}{3} \cdot 2{,}4 \\ v_{Bf} = 2{,}4\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} v_{Af} = 0{,}40\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \\ v_{Bf} = 2{,}4\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \end{cases} \quad Q.E.D.$$

A solução com $v_{Bf} = 0$ corresponde a A passar por B sem lhe tocar e, portanto, não tem interesse. Também aqui haveria outras formas de resolver o problema, inclusive usando fórmulas do manual que simplificam os cálculos.

(c) O tempo de queda das duas bolas é igual, e pode ser calculado de $y = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2$. Temos então

$$y = 0{,}85 + 0 - 4{,}9t^2 \Leftrightarrow t = 0{,}4165\ \mathrm{s}$$

Durante este tempo as bolas percorrem uma distância horizontal dada por $x = x_0 + v_{0x}t$, indo parar às posições

$$\begin{cases} x_A = 0 + 0{,}4t \\ x_B = 0 + 2{,}4t \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} x_A = 0{,}1666\ \mathrm{m} \\ x_B = 0{,}9996\ \mathrm{m} \end{cases}$$

cuja diferença segundo *x* é de *d* = 0,833 m.

(d) A bola B tem velocidade horizontal já conhecida, de 2,4 m/s. A velocidade vertical é dada por $v_y = v_{0y} - gt$ e é

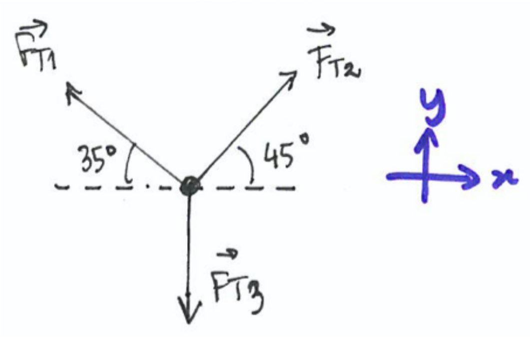
$$v_y = 0 - 9{,}8t \Leftrightarrow v_y = -9{,}8 \cdot 0{,}4165 = -4{,}082\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

O ângulo com a horizontal é então dado por $\theta = \mathrm{arctg}\frac{v_y}{v_x}$ e temos

$$\theta = \mathrm{arctg}\left(\frac{-4{,}082}{2{,}4}\right) \Leftrightarrow \theta = -59{,}5^{\circ} \quad (-60^{\circ})$$

Q2

(a) Marcando forças na confluência das cordas e escolhendo um referencial temos



Para o corpo A estar em repouso, a tensão na corda 3 tem de ser igual ao peso de A, logo $F_{T3} = m_A g \Leftrightarrow F_{T3} = 2{,}7 \cdot 9{,}8 = 26{,}46\ \mathrm{N}.\ (26\ \mathrm{N})$. Decompondo as forças na confluência e aplicando a 1ª lei de Newton resulta em

$$\begin{cases} x: \quad -F_{T1}\cos 35 + F_{T2}\cos 45 = 0 \\ y: \quad F_{T1}\,\mathrm{sen}\,35 + F_{T2}\,\mathrm{sen}\,45 - F_{T3} = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} F_{T1} = \dfrac{1}{0{,}8191}\dfrac{\sqrt{2}}{2}F_{T2} = 0{,}8633F_{T2} \\ 0{,}5736F_{T1} + \dfrac{\sqrt{2}}{2}F_{T2} = 26{,}46 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \cdots \\ 0{,}5736 \cdot 0{,}8633F_{T2} + \dfrac{\sqrt{2}}{2}F_{T2} = 26{,}46 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \cdots \\ 1{,}202F_{T2} = 26{,}46 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} F_{T1} = 0{,}8633 \cdot 22{,}01 \\ F_{T2} = 22{,}01\ \mathrm{N} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} F_{T1} = 19{,}00\ \mathrm{N} \quad (19\ \mathrm{N}) \\ F_{T2} = 22{,}01\ \mathrm{N} \quad (22\ \mathrm{N}) \end{cases}$$

(b) Antes da queda a massa A tem energia potencial gravítica. No pico da compressão, essa energia é transformada em energia potencial elástica. Fazendo a origem dos potenciais gravíticos no local de pico de compressão temos, aplicando a conservação de energia mecânica (assumimos que na queda e compressão apenas atuam forças conservativas),

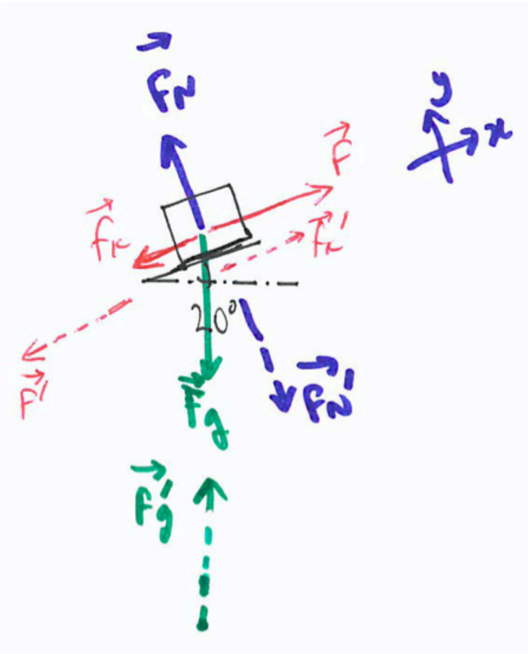
$$E_{pg}^{\text{topo}} = E_{p,\text{elast}} \Leftrightarrow mg(h+x) = \frac{1}{2}kx^2 \Leftrightarrow 2{,}7 \cdot 9{,}8 \cdot (0{,}70 + 0{,}012) = \frac{1}{2}k \cdot (0{,}012)^2$$

$$\Leftrightarrow 18{,}84 = k \cdot 7{,}2 \times 10^{-5} \Leftrightarrow k = 261\,667\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}} \quad \left(260\,\frac{\mathrm{kN}}{\mathrm{m}}\right)$$

Note-se que entre o pico de compressão, cujo elongamento é *x*, e a altura inicial da massa A vai uma distância de *x* + *h* e não apenas *h*. A diferença que isto faz nos cálculos é, no entanto, pequena.

Q3

(a) e (b) Na figura os pares ação-reação das forças atuantes sobre o bloco aparecem a tracejado e com apóstrofo. Marcámos também um referencial para as questões que se seguem.



Quanto aos pares A/R, notar que

- O par do peso está aplicado no centro da terra

- Os pares da normal e do atrito estão aplicados no plano inclinado

- O par da força de tração está aplicado na entidade que empurra o bloco.

(c) Aplicando a 2ª lei de Newton e $f_k = \mu_k F_N$ temos, no referencial indicado e no SI,

$$\begin{cases} x: \quad F - f_k - F_g \operatorname{sen} 20 = ma \\ y: \quad F_N - F_g \cos 20 = 0 \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\begin{cases} 12 - \mu_k F_N - 0{,}82 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}3420 = 0{,}82 \cdot 0{,}18 \\ F_N = 0{,}9397 \cdot 0{,}820 \cdot 9{,}8 = 7{,}55 \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\begin{cases} 12 - \mu_k \cdot 7{,}55 - 2{,}748 = 0{,}1476 \\ \dots \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\begin{cases} \mu_k = \dfrac{-9{,}1044}{-7{,}55} \Leftrightarrow \mu_k = 1{,}206 \quad (1{,}2) \\ \dots \end{cases}$$

(d) Há quatro forças atuantes, sendo que a normal não efetua trabalho, uma vez que é perpendicular ao deslocamento (cos θ = 0). Temos então, aplicando as definições de trabalho e energia potencial gravítica (h = 0 no início do deslocamento),

$$W_{F_N} = 0$$

$$W_F = \vec{F}.\Delta\vec{r} \Leftrightarrow W_F = F\Delta r \cos\sphericalangle(F, \Delta r) \Leftrightarrow W_F = 12 \cdot 2 \cdot \cos 0 = 24\ \mathrm{J}$$

$$W_{F_g} = -\Delta E_{pg} \Leftrightarrow W_{F_g} = -mg\left(h_f - h_i\right) \Leftrightarrow W_{F_g} = -0{,}820 \cdot 9{,}8 \cdot (2{,}0 \cdot \operatorname{sen} 20 - 0)$$
$$= -5{,}497\ \mathrm{J} \quad (-5{,}5\ \mathrm{J})$$

$$W_{f_k} = \vec{f_k}.\Delta\vec{r} \Leftrightarrow W_{f_k} = \mu_k F_N \Delta r \cos\sphericalangle(f_k, \Delta r) \Leftrightarrow W_{f_k} = 1{,}206 \cdot 7{,}55 \cdot 2{,}0 \cdot (-1)$$
$$= -18{,}21\ \mathrm{J} \quad (-18\ \mathrm{J})$$

Por curiosidade, podemos calcular a rapidez final do bloco, assumindo que parte do repouso. Somando os trabalhos temos $W_{tot} = 0{,}293\ \mathrm{J}$ e aplicando o teorema de trabalho-energia vem $W_{tot} = \Delta E_c \Leftrightarrow 0{,}293 = \frac{1}{2} 0{,}820 v_f^2 \Leftrightarrow v_f = 0{,}845\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. O estudante é encorajado a reproduzir este resultado utilizando cálculos de cinemática.