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

UNIDADE CURRICULAR: FÍSICA GERAL

CÓDIGO: 21048

DOCENTE: Nuno Sousa/Ana Valadares

ANO LETIVO: 2020-21

TRABALHO / RESOLUÇÃO:

Q1

(a) A pedra descreve um movimento de projétil e o pássaro um movimento retilíneo uniforme. No referencial da figura, segundo y a velocidade da pedra é dada por $v_y = v_{0y} - gt$. No instante de altitude máxima tem-se $v_y = 0$. Substituindo valores vem (SI)

$$0 = v_{0y} - 9{,}8 \cdot 1{,}06 \Leftrightarrow v_0 \operatorname{sen} 60 = 10{,}39 \Leftrightarrow v_0 = 10{,}39 \cdot \frac{2}{\sqrt{3}} = 12{,}00\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \quad \left(12\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)$$

(b) A expressão da posição segundo y é $y = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2$. A altitude máxima é atingida para t = 0,53 s, i.e.

$$y_{max} = 1{,}8 + 12\,\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 1{,}06 - 4{,}9 \cdot 1{,}06^2 \Leftrightarrow y_{max} = 7{,}310\ \mathrm{m} \quad (7{,}3\ \mathrm{m})$$

(c) Aqui basta calcular as duas componentes da velocidade:

$$v_x = v_{0x} \Leftrightarrow v_x = -v_0 \cos 60 \Leftrightarrow 12 \cdot \frac{1}{2} = -6{,}0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

$$v_y = v_{0y} - gt \Leftrightarrow v_y = 10{,}39 - 9{,}8 \cdot 2{,}0 = -9{,}2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$$

Juntando as componentes, o vetor velocidade aos 2,0 s é então

$$\vec{v} = -6{,}0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\,\hat{\mathbf{i}} - 9{,}2\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\,\hat{\mathbf{j}}$$

(d) Para a velocidade média temos de recordar a sua definição:

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$$

Há, portanto, que obter a posição da pedra para os dois instantes de tempo. Para t = 0 s temos $\vec{r}(0) = (0; 1{,}8)\ \mathrm{m}$. Para t = 2,0 s vem

$$x = x_0 + v_{0x}t \Leftrightarrow 0 - 6{,}0 \cdot 2{,}0 = -12\ \mathrm{m}$$

$$y = 1{,}8 + 10{,}39t - 4{,}9t^2 \Leftrightarrow y = 1{,}8 + 10{,}39 \cdot 2{,}0 - 4{,}9 \cdot 2{,}0^2 = 2{,}98\ \mathrm{m} \quad (3{,}0\ \mathrm{m})$$

O deslocamento é então $\Delta\vec{r} = (-12; 2{,}98) - (0; 1{,}8) = (12; 1{,}18)\ \mathrm{m}$ e a velocidade média entre 0 e 2,0 s é

$$\vec{v}_m = -6{,}0\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\hat{\mathbf{i}} + 0{,}59\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\hat{\mathbf{j}}$$

(e) Há várias formas de resolver esta questão. Aqui apresenta-se uma delas. Haverá colisão se existir um instante de tempo para o qual a posição da pedra é igual à posição do pássaro, i.e. se

$$(x, y) = (x_P, y_P)$$

Já temos expressões para x,y da pedra, pelo que basta encontrar expressões para x,y do pássaro. Estas são, simplesmente, $(x_P, y_P) = (-11 + 2{,}4t; 5{,}0)\ \mathrm{m}$. Igualando expressões temos

$$x = x_P \rightarrow -6{,}0t = -11 + 2{,}4t \Leftrightarrow t = 1{,}31\ \mathrm{s}$$

$$y = y_P \rightarrow 5 = 1{,}8 + 10{,}39t - 4{,}9t^2 \Leftrightarrow t = 0{,}374\ \mathrm{s} \vee t = 1{,}75\ \mathrm{s}$$

Não há nenhum instante de tempo que resolva simultaneamente as duas equações, pelo que se conclui que pedra não atinge o pássaro (má pontaria?).

(f) Atingir o chão significa y = 0. Isso acontece para o instante

$$y = 0 \rightarrow 0 = 1{,}8 + 10{,}39t - 4{,}9t^2 \Leftrightarrow t = -0{,}161\ \mathrm{s} \vee t = 2{,}281\ \mathrm{s}$$

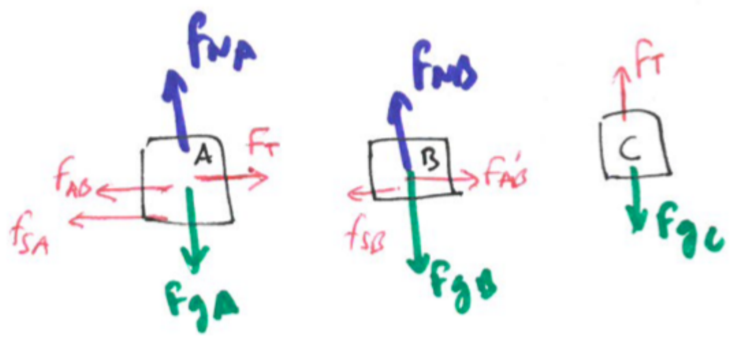
A primeira solução é não-física. A segunda leva a

$$x(2{,}281\ \mathrm{s}) = -6{,}0 \cdot 2{,}281 = -13{,}69\ \mathrm{m} \quad (-14\ \mathrm{m})$$

A pedra cairá, portanto, cerca de 14 m à esquerda do local de lançamento.

Q2

(a) Marcando forças em diagrama de corpo livre, temos



Há apenas um par ação-reação, que é o par formado pelas forças de contacto entre A e B. Notar que o par dos pesos está aplicado no centro da terra, o par das normais está aplicado no plano e o par das tensões está aplicado na corda.

(b) As normais são $F_{NA} = m_A g = 4g$ e $F_{NB} = m_B g = 2g$. No referencial local da figura com +x ao longo da corda temos, aplicando a 1ª lei de Newton segundo x,

$$A: F_T - f_{sA} - F_{AB} = 0, \qquad B: -f_{sB} + F_{AB} = 0, \qquad C: -F_T + F_{gB} = 0$$

Na iminência de movimento tem-se $f_s = \mu_s F_N$. Depois, somando as três equações anula-se a tensão e as forças de contacto e temos

$$-f_{sA} - f_{sB} + F_{gB} = 0 \Leftrightarrow -\mu_s F_{NA} - \mu_s F_{NB} + m_C g = 0 \Leftrightarrow \mu_s = \frac{3g}{4g + 2g} = \frac{3}{6} \quad (0{,}50)$$

Note-se que este é o valor mínimo do atrito estático. Abaixo disto haverá movimento e acima o sistema permanecerá em repouso.

(c) Substituindo valores nas equações para C e B vem

$$F_T = F_{gB} \Leftrightarrow F_T = 3g = 29{,}4\ \mathrm{N} \quad (29\ \mathrm{N})$$

$$F_{AB} = f_{sB} \Leftrightarrow F_{AB} = 0{,}50 \cdot 2g = 9{,}8\ \mathrm{N}$$

(d) Não havendo atrito na queda e deslize, conserva-se a energia mecânica e temos, fazendo h = 0 no nível do solo,

$$E_m^{\text{topo}} = E_m^{\text{solo}} \Leftrightarrow 0 + m_C gh = \frac{1}{2} m_C v_{\text{solo}}^2 + 0 \Leftrightarrow v_{\text{solo}} = \sqrt{2gh} \Leftrightarrow v_{\text{solo}} = \sqrt{2 \cdot 9{,}8 \cdot 2{,}0} = 6{,}261\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \quad \left(6{,}3\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)$$

(e) Na colisão conserva-se o momento linear e, do enunciado, metade da energia cinética é transformada em energia interna dos blocos. Assim, o sistema está sujeito ao seguinte conjunto de equações (segundo a horizontal)

$$p_i = p_f \to m_C v_{Ci} = m_C v_{Cf} + m_D v_{Df},$$
$$\frac{1}{2} E_{ci} = E_{cf} \to \frac{1}{4} m_C v_{Ci}^2 = \frac{1}{2} m_C v_{Cf}^2 + \frac{1}{2} m_D v_{Df}^2$$

Substituindo valores obtemos um sistema de duas equações, uma não-linear, e duas incógnitas:

$$3{,}0 \cdot 6{,}261 = 3{,}0 v_{Cf} + 5{,}0 v_{Df} \Leftrightarrow 18{,}783 = 3 v_{Cf} + 5 v_{Df}$$

$$\frac{1}{4} 3{,}0 v_{Ci}^2 = \frac{1}{2} 3{,}0 v_{Cf}^2 + \frac{1}{2} 5{,}0 v_{Df}^2 \Leftrightarrow 29{,}4 = 1{,}5 v_{Cf}^2 + 2{,}5 v_{Df}^2$$

Isolando p.ex. v_{Df} na primeira equação e substituindo na segunda obtém-se

$$29{,}4 = 1{,}5v_{Cf}^2 + 2{,}5 \cdot \left(\frac{18{,}783 - 3v_{Cf}}{5}\right)^2$$

Resolvendo esta equação de 2º grau obtemos, após algum trabalho, dois conjuntos de soluções:

$$v_{Cf} = 0{,}5979\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}, \qquad v_{Df} = 3{,}398\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \quad (\mathrm{sol.}\,1)$$

$$v_{Cf} = 4{,}098\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}, \qquad v_{Df} = 1{,}298\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \quad (\mathrm{sol.}\,2)$$

O conjunto 2 tem $v_{Cf} > v_{Df}$ e é não-físico porque corresponde a C resvalar por cima de D. Devemos, pois, considerar o conjunto 1 como resposta.

(f) Tal como em (d), a compressão da mola é outro fenómeno conservativo. No instante do embate de D na mola temos apenas energia cinética e na compressão máxima apenas energia potencial elástica. Igualando os dois vem

$$E_{cD} = E_{p,elast} \rightarrow \frac{1}{2}m_D v_D^2 = \frac{1}{2}kx^2 \Leftrightarrow 2{,}5 \cdot 3{,}398^2 = 0{,}5 \cdot k \cdot 0{,}068^2 \Leftrightarrow k$$
$$= \frac{2{,}5 \cdot 3{,}398^2}{0{,}5 \cdot 0{,}068^2} = 12485\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}} \quad \left(12\,\frac{\mathrm{kN}}{\mathrm{m}}\right)$$