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

UNIDADE CURRICULAR: FÍSICA GERAL

CÓDIGO: 21048

DOCENTE: Nuno Sousa/Ana Valadares

ANO LETIVO: 2025-26

TRABALHO / RESOLUÇÃO:

Q1

(a) Num referencial xy usual com origem no local do lançamento á altura do solo, as expressões da trajetória da pedra são (+y para cima)

$$x = v_{0x}t, \qquad y = 1{,}8 + v_{0y}t - 4{,}9t^2, \qquad v_y = v_{0y} - 9{,}8t$$

Como a colisão se dá a 0º com a horizontal, isso quer dizer que $v_y = 0$ nesse instante. Daí tiramos que $v_{0y} = 9{,}8t$. Substituindo na 2ª expressão temos

$$3{,}5 = 1{,}8 + 9{,}8t^2 - 4{,}9t^2 \Leftrightarrow 1{,}7 = 4{,}9t^2 \Leftrightarrow t = 0{,}589 \text{ s},$$
$$v_{0y} = 9{,}8 \cdot 0{,}589 = 5{,}7722 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Substituindo v_{0y} em $v_0 = \sqrt{v_{0x}^2 + v_{0y}^2} = 6{,}0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ tira-se a velocidade horizontal, que é

$$6{,}0^2 = v_{0x}^2 + 5{,}7722^2 \Leftrightarrow v_{0x} = 1{,}6376 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Por fim, substituindo t e v_{0x} na 1ª expressão obtemos, a 2 AS,

$$x = 1{,}6376 \cdot 0{,}589 = 0{,}9645 \text{ m} \quad (0{,}96 \text{ m})$$

Ou seja, a pedra foi lançada a cerca de 96 cm da parede.

Passemos agora à queda após ricochete. No embate a pedra sofre uma força normal à parede, i.e., uma força horizontal. Logo, após o ricochete ela adquire uma velocidade horizontal tal que 80% da energia cinética se perdeu (restam 20%). Isso corresponde a

$$\frac{1}{2}mv_f^2 = 0{,}20\frac{1}{2}mv_i^2 \Leftrightarrow v_f = \sqrt{0{,}20 \cdot 1{,}6376^2} \Leftrightarrow v_f = 0{,}73236 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

De notar que o resultado não viola a conservação de momento porque o momento que a pedra perdeu foi transferido para a parede. Agora, uma queda de 3,5 m de altura demora

$$\Delta y = \frac{1}{2}gt^2 \Leftrightarrow 3{,}5 = \frac{1}{2}9{,}8t^2 \Leftrightarrow t = 0{,}84515\ \mathrm{s}$$

a chegar ao solo. Durante esse tempo a pedra move-se

$$x = v_f t \Leftrightarrow x = 0{,}73236 \cdot 0{,}84515 = 0{,}61895\ \mathrm{m} \quad (0{,}62\ \mathrm{m})$$

para a esquerda da parede. Ou seja, aterra no local $x = 97 - 62 = 35\ \mathrm{cm}$, medidos no referencial original.

(b) O chatGPT ele devolveu ao professor, para a 1ª parte,

1) Determinar a posição horizontal da parede (distância do lançador ao ponto de colisão)

No ápice:

$$v_0^2 \sin^2 \alpha = 2g\Delta y.$$

Com $v_0 = 6{,}0\ \mathrm{m/s}$ e $\Delta y = 1{,}7$,

$$\sin\alpha = \sqrt{\frac{2g\Delta y}{v_0^2}} = \sqrt{\frac{33{,}32}{36}} \approx 0{,}962,$$

$$\alpha \approx 74{,}1°.$$

Tempo até ao ápice:

$$t_{\mathrm{top}} = \frac{v_0 \sin\alpha}{g}.$$

Distância horizontal até à parede (apex):

$$x_{\mathrm{wall}} = v_0 \cos\alpha\ t_{\mathrm{top}} = \frac{v_0^2 \sin(2\alpha)}{2g}.$$

Calculando numericamente:

$$\sin(2\alpha) = \sin(148{,}2°) \approx 0{,}528,$$

$$x_{\mathrm{wall}} = \frac{36 \times 0{,}528}{19{,}6} \approx 0{,}97\ \mathrm{m}.$$

Portanto, a parede está a cerca de $0{,}97\ \mathrm{m}$ do lançador.

O chat resolveu a alínea (a) de uma forma algo diferente, aparentemente com o objetivo de resolver o problema em menos passos. Começou por usar uma expressão que se pode obter combinando as expressões para $\Delta y = \frac{gt^2}{2}$ e $v_y = v_0 \operatorname{sen} \alpha = gt$, válidas no instante de altura máxima. Com isso obteve uma expressão para o ângulo de lançamento, que é $\alpha = 74{,}1^{\text{o}}$. Isso permite obter diretamente $v_{0x} = v_0 \operatorname{sen} \alpha$ e $v_{0y} = v_0 \cos \alpha$, dado que $v_0 = 6{,}0\ \mathrm{m/s}$.

Seguiu determinando o tempo de voo e, com esse tempo e a velocidade horizontal, obteve a distância horizontal de $x = v_{0x} t_{\text{voo}}$.

Na segunda parte devolveu

2) Velocidade imediatamente antes do impacto e velocidade de ricochete

Velocidade no impacto (como é horizontal) é simplesmente

$$v_{\text{impact}} = v_x = v_0 \cos \alpha \approx 6{,}0 \times 0{,}3269 \approx 1{,}96\ \mathrm{m/s}.$$

(Nota: este valor é coerente com $v_0 \sin \alpha = 5{,}77$ e $\sqrt{v_0^2 \sin^2 \alpha + v_0^2 \cos^2 \alpha = 6{,}0}$.)

Com perda de 80% da energia cinética, a energia final é 20% da inicial, logo a velocidade de saída é

$$v_r = v_{\text{impact}} \sqrt{0{,}20} \approx 1{,}96 \times 0{,}447 \approx 0{,}88\ \mathrm{m/s}.$$

(Observação: anteriormente, em cálculos aproximados, usamos $v_{\text{impact}} = 6$ porque confundimos a velocidade total com a componente horizontal — corrigido aqui: a componente horizontal no impacto é ≈1.96 m/s; portanto $v_r \approx 0{,}88\ \mathrm{m/s}$.)

Aqui o chat comete alguns erros inexplicáveis. O primeiro foi dizer assumir $\cos \alpha = \cos 74{,}1^{\text{o}} = 0{,}3269$ quando o valor correto é na verdade $\cos 74{,}1^{\text{o}} = 0{,}2740$. Depois, apresenta uma nota e uma observação que revelam uma boa dose de confusão por parte da IA. Apesar de tudo, o cálculo da perda de energia cinética e velocidade no ricochete estão, do ponto de vista teórico, corretos. Prosseguindo, o chat continua:

3) Trajectória após o ricochete — posição de aterragem

Após o ricochete a velocidade é horizontal para o lado do lançador: $v_{x,r} = -v_r \approx -0{,}88\ \mathrm{m/s}$. Partindo de $y_c = 3{,}5\ \mathrm{m}$, o tempo de queda até ao solo é

$$t_{\text{fall}} = \sqrt{\frac{2y_c}{g}} = \sqrt{\frac{7{,}0}{9{,}8}} \approx 0{,}845\ \mathrm{s}.$$

Deslocamento horizontal durante a queda:

$$\Delta x = |v_{x,r}|\, t_{\text{fall}} \approx 0{,}88 \times 0{,}845 \approx 0{,}74\ \mathrm{m}.$$

Como a pedra estava a $x_{\text{wall}} = +0{,}97\ \mathrm{m}$ no momento do ricochete e viaja na direcção negativa,

$$x_{\text{landing}} = 0{,}97 - 0{,}74 \approx 0{,}23\ \mathrm{m}.$$

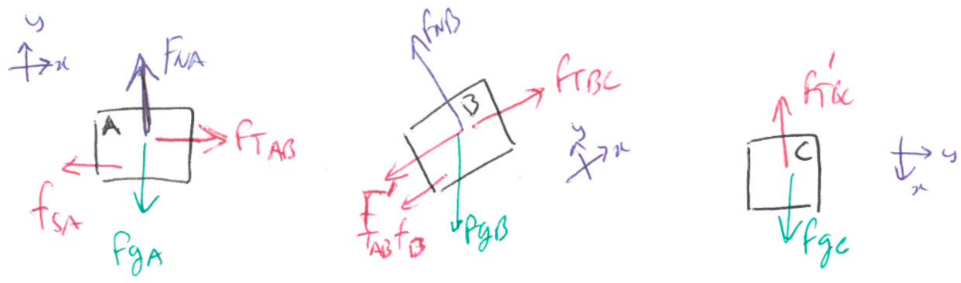
Interpretação: com os cálculos corrigidos para a componente horizontal real no impacto, a pedra aterra cerca de **0,23 m à frente do lançador** (ou seja, ainda do mesmo lado da parede, entre o lançador e a parede).

Apesar de $v_r = 0{,}88\ \mathrm{m/s}$ estar errado (recordar que $v_r = v_f$ da alínea (a)), o resto dos cálculos está concetualmente certo.

No geral a resolução da IA revela essencialmente um erro de cálculos que não se percebe a origem. Um aviso de cautela para não se confiar cegamente nos cálculos apresentados.

Q2

(a) Para marcar o sentido das forças de atrito há que ver para que lado o sistema se moveria caso não houvesse atrito. Marcando forças temos



No caso sem atrito basta ignorar as forças f_A e f_B (atritos estático/cinético de A e B). Neste caso, após projetar no referencial ao longo da corda, a 2ª lei de Newton segundo x dá-nos

$$F_{T_{AB}} = m_A a, \qquad -F_{T_{AB}} - F_{gB} \operatorname{sen} 30 + F_{T_{BC}} = m_B a, \qquad -F_{T_{BC}} + F_{gC} = m_C a$$

Somando as três equações as tensões cancelam e temos

$$-F_{gB} \operatorname{sen} 30 + F_{gC} = (m_A + m_B + m_C) a$$

Ou seja, tudo se resume a comparar $-F_{gB} \operatorname{sen} 30 + F_{gC}$. Ora $\operatorname{sen} 30 = \frac{1}{2}$ e se o dinamómetro indica 29,6 N numa situação estática então o peso de C é 29,6 N, ou seja, a massa de C é de 3,02 kg. Neste caso temos

$$-F_{gB} \operatorname{sen} 30 + F_{gC} \rightarrow -\frac{m_B g}{2} + m_C g = +0{,}52 g > 0$$

O sinal + indica aceleração segundo o sentido positivo dos xx. Notar que se se tivesse $a < 0$ a tensão entre A e B anular-se-ia (corda encolhe) e o bloco A acabaria por não jogar nenhum papel. Mas sendo o movimento natural do sistema no sentido +x, todas as cordas ficam tensas e o atrito atua no sentido negativo dos xx, tal como foi indicado no desenho acima.

Incluindo o atrito a 1ª lei de Newton (situação estática) passa a dar-nos, segundo x:

$$F_{T_{AB}} - f_{sA} = 0, \qquad -F_{T_{AB}} - F_{gB}\,\mathrm{sen}\,30 + F_{T_{BC}} - f_{sB} = 0, \qquad -F_{T_{BC}} + F_{gC} = 0$$

Somando novamente as três equações temos

$$-f_{sA} - F_{gB}\,\mathrm{sen}\,30 + F_{gC} - f_{sB} = 0 \Leftrightarrow -f_{sA} - f_{sB} = -F_{gB}\,\mathrm{sen}\,30 + F_{gC}$$
$$\Leftrightarrow -f_{sA} - f_{sB} = -\frac{m_B g}{2} + m_C g \Leftrightarrow -f_{sA} - f_{sB} = 0{,}52g \Leftrightarrow -f_{sA} - f_{sB}$$
$$= 5{,}1\ \mathrm{N}$$

A resposta é então que a soma da magnitude das forças de atrito é de 5,1 N.

(b) Se a corda entre A e B parte $F_{T_{AB}}$ desaparece e passamos a ter

$$-F_{gB}\,\mathrm{sen}\,30 + F_{T_{BC}} - f_{sB} = m_B a, \qquad -F_{T_{BC}} + F_{gC} = m_C a$$

A soma dá-nos

$$-F_{gB}\,\mathrm{sen}\,30 - f_{sB} + F_{gC} = (m_B + m_C)a \Leftrightarrow -f_{sB} + 0{,}5g = (m_B + m_C)a$$

A questão é agora se f_{sB} consegue contrariar $0{,}5g = 5{,}1\ \mathrm{N}$ para fazer com que $a = 0$. Ora o valor máximo de uma força de atrito estático é de $f_s^{\max} = \mu_k F_N$, que no caso é

$$f_{sB}^{\max} = 0{,}75 m_B g \cos 30 = 32\ \mathrm{N}$$

Esta força é claramente superior 5,1 N, pelo que a aceleração do sistema se a corda entre A e B se partir é nula.

(c) Colocando a imagem do efolio no chatGPT e pedindo para resolver, ele devolve para a alínea (a)

(a) Sentido das forças de atrito e soma das magnitudes

Bloco B (na rampa)

Força peso componente ao longo da rampa para baixo:

$$m_B g \sin 30^\circ = 5 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}5 = 24{,}5 \text{ N}.$$

A tensão é $T = 29{,}6 \text{ N}$, logo, **sem atrito** haveria uma tendência líquida para subir a rampa de

$$29{,}6 - 24{,}5 = 5{,}1 \text{ N (para cima)}.$$

Portanto, o atrito estático em B deve actuar **para baixo da rampa** (opõe-se ao movimento tendencial para cima) e tem a magnitude necessária para equilibrar (enquanto ≤$f_{s,\max}$):

normal em B: $N_B = m_B g \cos 30^\circ = 5 \cdot 9{,}8 \cdot (\sqrt{3}/2) \approx 42{,}44 \text{ N}$.

máx. atrito estático em B: $f_{s,B}^{\max} = \mu_s N_B \approx 0{,}75 \cdot 42{,}44 \approx 31{,}83 \text{ N}$.

atrito necessário em B para equilibrar: $f_B = T - m_B g \sin 30^\circ = 5{,}1 \text{ N}$ (≤ $31{,}83$ → compatível com equilíbrio).

Conclusão B: atrito aponta **para baixo da rampa**, magnitude $f_B = 5{,}1 \text{ N}$.

Bloco A (superfície horizontal)

A tensão T puxa A para a direita com $29{,}6 \text{ N}$. Para estar em equilíbrio, o atrito em A tem de apontar **para a esquerda** e ter magnitude igual à tensão (pois não há outras forças horizontais).

máx. atrito estático em A: $f_{s,A}^{\max} = \mu_s m_A g = 0{,}75 \cdot 3 \cdot 9{,}8 \approx 22{,}05 \text{ N}$.

Para equilibrar exactamente seria necessário $f_A = T = 29{,}6 \text{ N}$. **Isto excede o máximo de atrito estático calculado** ($29{,}6 > 22{,}05$), portanto com $\mu_s = 0{,}75$ e $m_A = 3 \text{ kg}$ **não seria possível** manter A em repouso — contradiz o enunciado que diz que a montagem «se encontra em equilíbrio****

Isto revela uma **inconsistência entre os dados** (ou as anotações manuscritas). Possíveis explicações:

- O valor de μ junto de A na figura não é $0{,}75$ mas outro (por ex. $0{,}15$ ou o m_A é diferente — talvez 30 kg em vez de 3 kg).
- A distribuição das tensões/poleias na corda difere (por exemplo, a corda pode estar disposta de forma a que a força efectiva sobre A não seja T inteiro).

Se eu **ignorasse** a verificação de compatibilidade e tomasse por dado que o sistema está em equilíbrio (como enunciado), então o atrito em A teria de ser

$$f_A = T = 29{,}6 \text{ N}$$

e apontaria **para a esquerda**. Mas sublinho: **isto viola $f_{s,A}^{\max}$** com os números assumidos.

Soma das magnitudes do atrito (usando os valores consistentes com as forças necessárias para equilíbrio)

Se aceitarmos o enunciado (equilíbrio) e usarmos as magnitudes necessárias:

$$|f_A| = 29{,}6 \text{ N}, \qquad |f_B| = 5{,}1 \text{ N}.$$

Soma das magnitudes: $29{,}6 + 5{,}1 = 34{,}7 \text{ N}$.

(Repito: esta soma só é fisicamente consistente se o máximo de atrito de A for ≥ $29{,}6 \text{ N}$.)

Ora bem, nesta alínea o chat cometeu alguns erros porque não considerou a 1ª lei de Newton para todo o sistema. Na parte sobre o bloco B, ao escrever “atrito necessário em B para equilibrar”, esqueceu-se de incluir a tensão entre A e B. No entanto, o sentido do atrito está correto.

Depois, na parte sobre o bloco A por alguma razão ele decide que a tensão na corda entre A e B tem de ser a mesma que a tensão na corda entre B e C. Possivelmente o chat não percebeu bem a figura? Isso fez com que a partir daí a resposta ficasse inquinada.

Quanto à alínea (b), quando perguntado o chat devolve a resolução da página seguinte. A resolução de facto está certa, mas o problema é que o chat não respondeu à questão perguntada com $\mu = 0{,}75$, mas sim a uma questão semelhante com $\mu = 0{,}10$. Ou seja, alucinou (viu o que não existia).

Claramente o chat ainda tem alguns problemas com a Física. Mais poderia ser dito, mas por aqui ficamos.

Sim — consigo. Vou assumir os valores mostrados no desenho: $m_A = 3{,}0\ \mathrm{kg}$ (não intervém depois de a corda partir), $m_B = 5{,}0\ \mathrm{kg}$ sobre a rampa a 30°, m_C tal que $m_C g \approx 29{,}6\ \mathrm{N} \Rightarrow m_C \approx 3{,}0\ \mathrm{kg}$. Do desenho usa-se μ_k em B igual a $0{,}10$. Uso $g = 9{,}8\ \mathrm{m/s^2}$.

Depois da corda $A{-}B$ partir ficam ligados entre si apenas B (na rampa) e C (pendurado). Escolho a positiva para C a descer (logo B sobe a rampa).

Forças relevantes:

- Para C: $m_C g - T = m_C a$.
- Para B (direcção da rampa, para cima): $T - (m_B g \sin 30^\circ + f) = m_B a$, com $f = \mu_k N = \mu_k m_B g \cos 30^\circ$.

Eliminação de T dá

$$m_C g - m_B g \sin 30^\circ - \mu_k m_B g \cos 30^\circ = (m_C + m_B)\, a$$

pelo que

$$a = \frac{m_C g - m_B g \sin 30^\circ - \mu_k m_B g \cos 30^\circ}{m_C + m_B}.$$

Substituindo números:

$$m_C g = 3 \cdot 9{,}8 = 29{,}4\ \mathrm{N}, \quad m_B g \sin 30^\circ = 5 \cdot 9{,}8 \cdot 0{,}5 = 24{,}5\ \mathrm{N},$$

$$f = \ 0{,}10 \cdot 5 \cdot 9{,}8 \cdot \cos 30^\circ \approx 4{,}24\ \mathrm{N}.$$

Logo

$$a = \frac{29{,}4 - 24{,}5 - 4{,}2435}{3 + 5} \approx 0{,}082\ \mathrm{m/s^2}.$$

Resultado: a aceleração do sistema é aproximadamente $0{,}082\ \mathrm{m/s^2}$.
Direcção: C desce e B sobe a rampa.

Se quiser, faço o mesmo com μ diferente (por ex. $0{,}15$ ou $0{,}75$) ou uso $g = 9{,}81$ para maior precisão — diz qual valor prefere.