

Estuda FQ
Professor Marco Pereira



www.estudafq.pt



96 310 99 94

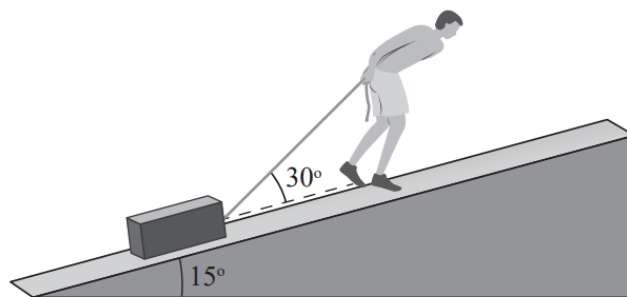
Exercícios de Exames Nacionais

Física 11.º ano - **Unidade I**

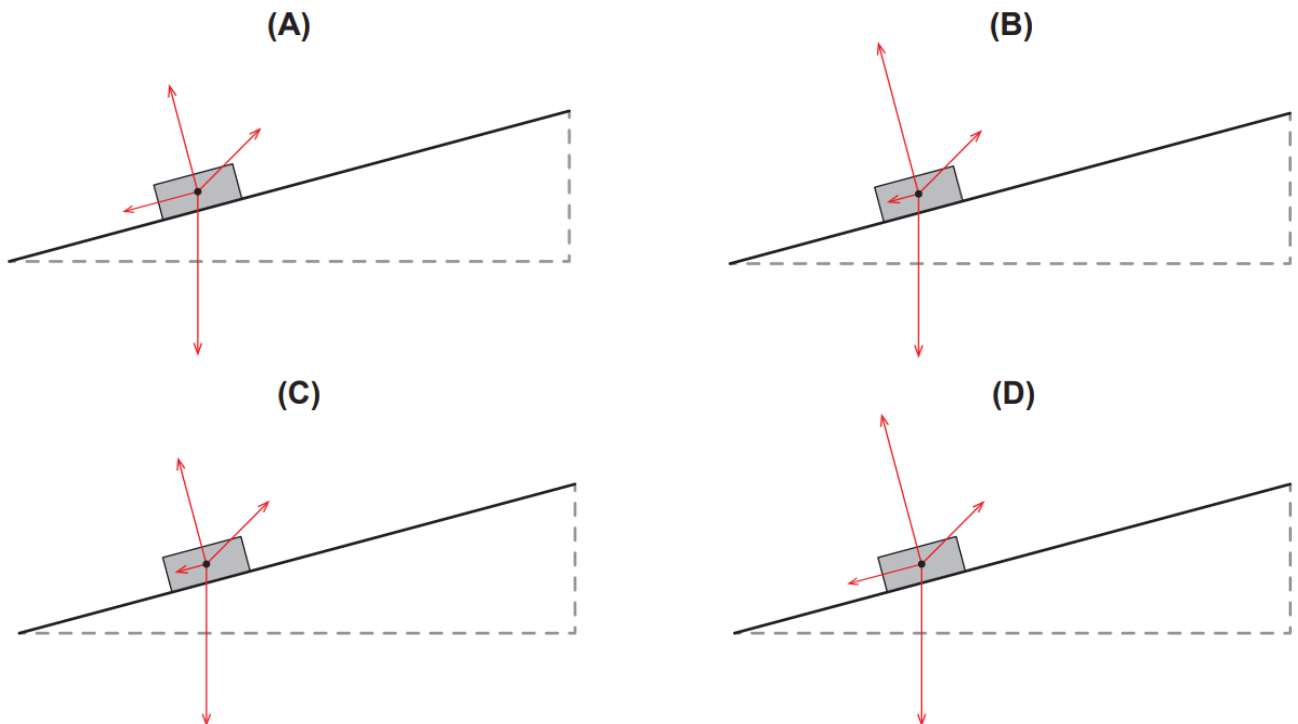
Exame Nacional de 2025 - Época Especial

2. Na Berlenga Grande, uma ilha ao largo de Peniche, a ligação entre o cais e o farol faz-se por uma rampa. A Figura 1 representa uma pessoa que sobe um troço retilíneo dessa rampa, com 15° de inclinação, puxando uma caixa, na qual exerce uma força, $\vec{F}_1$, que faz um ângulo de 30° com o deslocamento.

Considere que a caixa pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material) e que a resultante das forças de atrito que atuam na caixa não é desprezável.



- 2.1. Qual dos diagramas pode representar, na mesma escala, as forças que atuam na caixa, admitindo que esta sobe a rampa com velocidade constante?



3. O ganso-patola, espécie protegida no âmbito do projeto LIFE Berlengas, captura peixes mergulhando de uma certa altura.
- 3.2. Quando o ganso-patola, de massa m_{ganso} , se encontra sobre a posição do peixe, inicia um voo vertical e retilíneo para o capturar.

Admita que o ganso pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

- 3.2.1. Num dado instante, o ganso-patola tem uma aceleração constante de módulo $8,0 \text{ m s}^{-2}$, atuando sobre ele apenas a força gravítica e a resistência do ar.

O módulo da força de resistência do ar que atua no ganso nesse instante, em função da massa m_{ganso} , é

- (A) $1,8 m_{\text{ganso}}$ (B) $8,0 m_{\text{ganso}}$ (C) $9,8 m_{\text{ganso}}$ (D) $17,8 m_{\text{ganso}}$

- * 3.2.2. Considere que, imediatamente antes de atingir a superfície da água, o ganso-patola tem uma velocidade de módulo $16,0 \text{ m s}^{-1}$ e que, no impacto com a água, perde metade da sua energia cinética.

Após a entrada na água, o ganso desloca-se na vertical, com movimento retilíneo uniformemente retardado, com aceleração de módulo $18,0 \text{ m s}^{-2}$, atingindo a posição do peixe com velocidade de módulo $5,9 \text{ m s}^{-1}$.

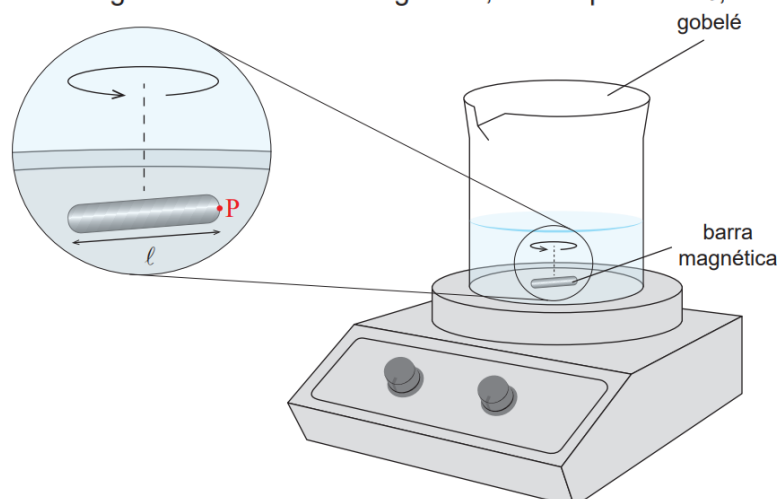
Determine a profundidade a que o peixe se encontrava.

Apresente todos os cálculos efetuados.

Exame Nacional de 2025 - 2.ª fase

- * 2.4. A eficiência da eletrólise também pode aumentar com a utilização de um agitador magnético. Este aparelho inclui uma barra magnética que gira dentro da solução, agitando-a.

A Figura 3 representa um agitador com a barra magnética, de comprimento ℓ , mergulhada na solução.

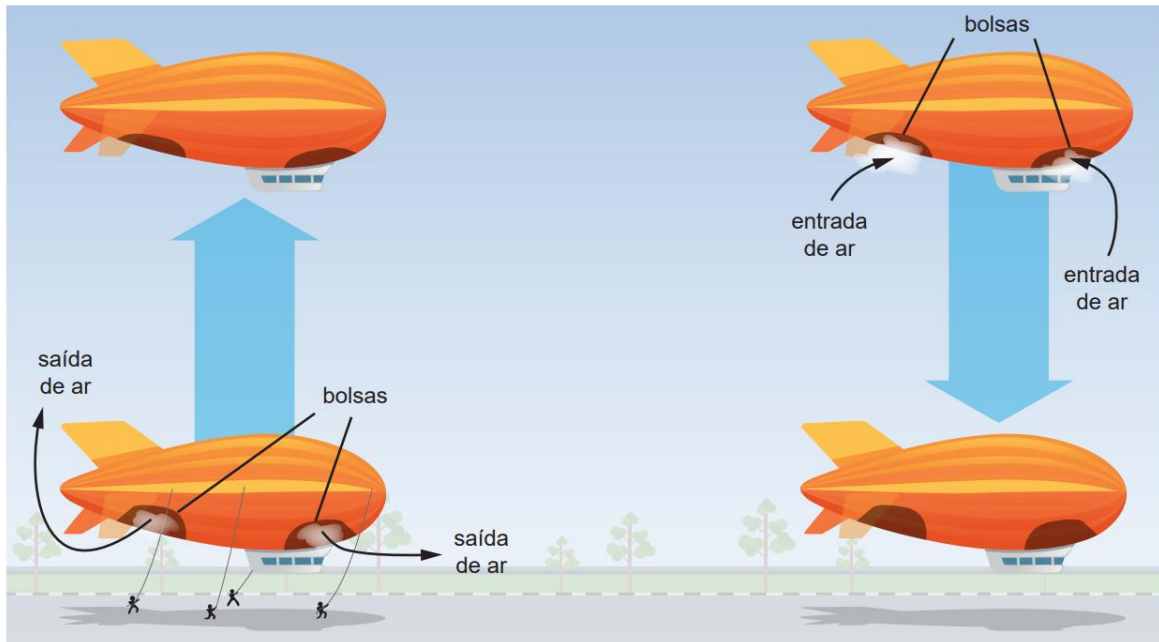


Considere que a barra magnética gira a 600 rotações por minuto e que o ponto P, situado na extremidade da barra, tem velocidade de módulo $0,628 \text{ m s}^{-1}$ e descreve uma trajetória circular de raio $\frac{\ell}{2}$.

Calcule o comprimento da barra magnética.

Apresente todos os cálculos efetuados.

5. A Figura 7 apresenta um esquema simplificado de um dirigível, cheio de hélio, no seu movimento de subida e de descida. Para o fazer subir ou descer, é bombeado ar atmosférico, mais denso que o hélio, para fora ou para dentro de bolsas que se encontram no seu interior. Desta forma, varia a massa total do dirigível, mas, como o seu volume se mantém constante, a força de ascensão que nele atua, designada por impulsão, $\vec{I}$, permanece constante durante todo o movimento.



Considere que o dirigível pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material) e que a resistência do ar é desprezável.

- 5.1. Considere que o dirigível, inicialmente em repouso a 10 m do solo, sobe verticalmente até aos 210 m em 40,4 s, com aceleração constante.

- 5.1.1. Qual das opções seguintes pode representar equações do movimento do dirigível expressas em unidades do SI?

(A) $y(t) = 10 + \frac{g}{80} t^2$ $v(t) = -\frac{g}{40} t$

(B) $y(t) = 10 - \frac{g}{2} t^2$ $v(t) = -g t$

(C) $y(t) = 10 + \frac{g}{80} t^2$ $v(t) = +\frac{g}{40} t$

(D) $y(t) = 10 - \frac{g}{2} t^2$ $v(t) = +g t$

- ★ 5.2. Numa outra situação, o dirigível sobe na vertical, com aceleração de módulo $0,10 \text{ m s}^{-2}$ e massa m constante.

Determine a massa de ar atmosférico, m_{ar} , em função da massa do dirigível, m , que é preciso introduzir nas bolsas do dirigível para que este passe a descer com uma aceleração de módulo $0,10 \text{ m s}^{-2}$.

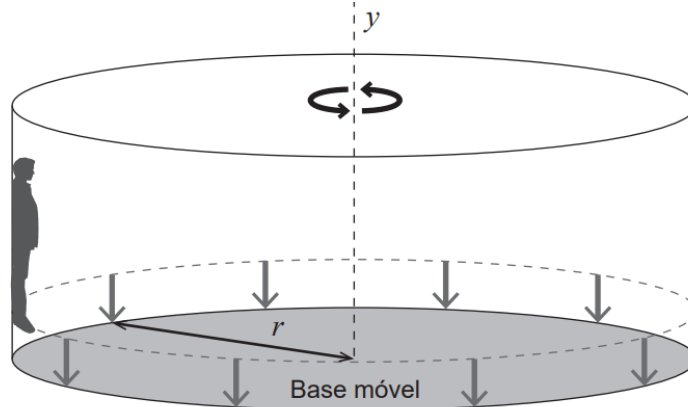
Apresente todos os cálculos efetuados.

Exame Nacional de 2025 - 1.ª fase

1. Num museu de ciência, há um módulo interativo, constituído por um cilindro com uma base móvel, que permite aos utilizadores experienciarem acelerações de módulo superior ao da aceleração gravítica à superfície da Terra, g .

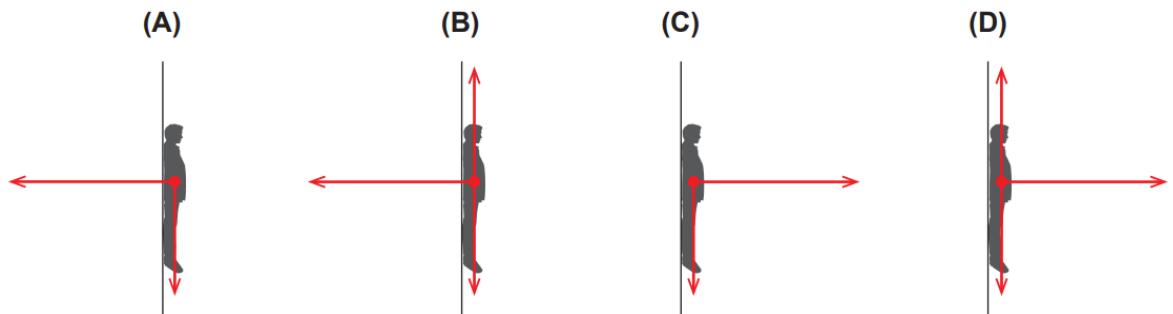
A Figura 1 representa o módulo interativo com um utilizador encostado à parede interior do cilindro. O cilindro, de raio r , inicia a rotação em torno do eixo central e vertical, y , até atingir a velocidade angular pretendida; nesse instante, a base móvel desce, mas o utilizador permanece encostado à parede interior rugosa, sem cair, devido à força de atrito.

Admita que o utilizador pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).



- 1.2. Considere um intervalo de tempo, durante a realização da experiência, em que o movimento do utilizador é circular e uniforme.

- 1.2.1. Qual dos diagramas pode representar, na mesma escala, as forças que atuam no utilizador, num instante após a descida da base móvel?



- 1.2.2. Qual das expressões seguintes permite calcular o módulo da velocidade angular do cilindro, de modo a transmitir ao utilizador uma aceleração centrípeta três vezes superior a g ?

(A) $\sqrt{\frac{3g}{r}}$

(B) $3\sqrt{\frac{g}{r}}$

(C) $\sqrt{3gr}$

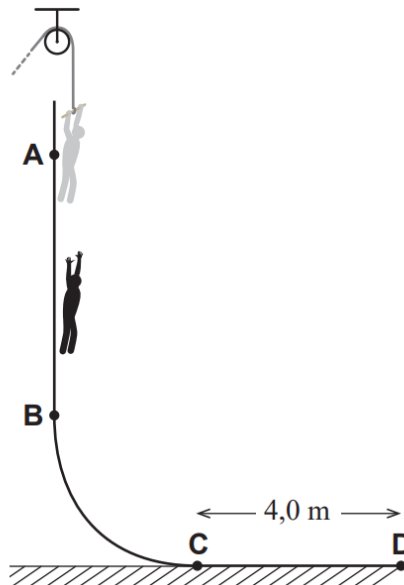
(D) $3\sqrt{gr}$

2. Outro módulo interativo, existente no museu de ciência, proporciona a um utilizador uma experiência de queda livre. A Figura 2, que não se encontra à escala, apresenta um esquema desse módulo.

A experiência começa quando o utilizador larga o cabo na posição **A**, a 8,0 m do solo, com velocidade inicial nula, caindo até à posição **B** sem contacto com a rampa.

Ao passar na posição **B**, o utilizador inicia o contacto com a rampa, com atrito significativo.

Entre as posições **C** e **D**, o utilizador percorre 4,0 m, com aceleração constante de módulo $\frac{g}{2}$, parando na posição **D**.



Considere o solo como nível de referência da energia potencial gravítica.

Admita que o utilizador pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material) e que, entre as posições **A** e **B**, o utilizador está em queda livre.

*** 2.1.** Entre as posições **A** e **B**, atua no utilizador

- (A) apenas uma força, e o tempo de queda depende da sua massa.
- (B) apenas uma força, e o tempo de queda não depende da sua massa.
- (C) mais do que uma força, e o tempo de queda depende da sua massa.
- (D) mais do que uma força, e o tempo de queda não depende da sua massa.

*** 2.2.** Determine a percentagem de energia mecânica do utilizador, de massa m , dissipada entre as posições **B** e **C**.

Apresente todos os cálculos efetuados.

Exame Nacional de 2024 - Época Especial

7. Uma gota de água, com um volume de $4,2 \times 10^{-3} \text{ cm}^3$, cai verticalmente de uma nuvem que se encontra a 1700 m do solo, sofrendo a ação do peso e da resistência do ar, acabando por atingir uma velocidade terminal de módulo $7,0 \text{ m s}^{-1}$.

Considere que, nas condições verificadas durante a queda, a massa volúmica da água é $1,0 \text{ g cm}^{-3}$ e que a gota de água pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

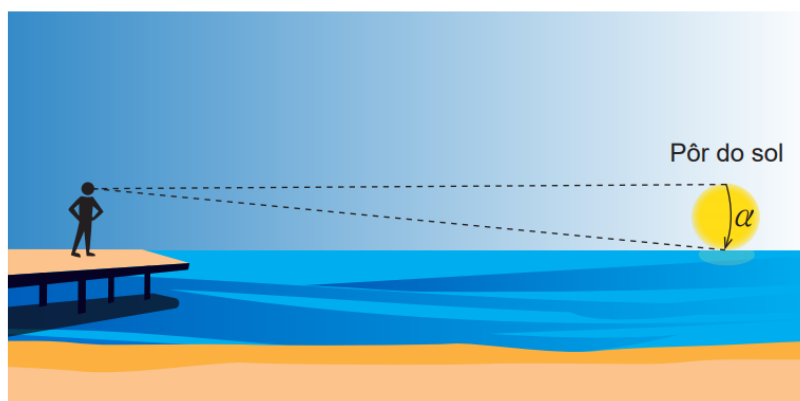
7.1. O movimento da gota de água, antes e depois de atingir a velocidade terminal, é, respetivamente,

- (A) uniformemente acelerado e uniforme.
- (B) acelerado e uniforme.
- (C) uniformemente acelerado e retardado.
- (D) acelerado e retardado.

* 7.2. No instante em que a gota de água atinge a velocidade terminal, a resistência do ar tem

- (A) sentido de cima para baixo e intensidade $4,1 \times 10^{-5} \text{ N}$.
- (B) sentido de cima para baixo e intensidade $4,2 \times 10^{-3} \text{ N}$.
- (C) sentido de baixo para cima e intensidade $4,2 \times 10^{-3} \text{ N}$.
- (D) sentido de baixo para cima e intensidade $4,1 \times 10^{-5} \text{ N}$.

9. Na Figura 4, representa-se uma praia a partir da qual um indivíduo observa o pôr do sol.



- 9.1. O tamanho aparente do Sol pode ser quantificado por um ângulo representado por α na Figura 4.

Considere que o disco solar tem um tamanho aparente, α , de $9,25 \times 10^{-3} \text{ rad}$ e que a Terra efetua uma rotação completa em 24 horas com velocidade angular constante.

Qual das expressões seguintes permite calcular, em segundos, o tempo que, em média, decorre desde que o Sol «toca» o horizonte até «desaparecer» completamente?

- | | |
|--|--|
| (A) $\frac{2\pi}{24 \times 3600 \times 9,25 \times 10^{-3}}$ | (B) $\frac{24 \times 3600 \times 9,25 \times 10^{-3}}{2\pi}$ |
| (C) $\frac{24 \times 3600}{2\pi \times 9,25 \times 10^{-3}}$ | (D) $\frac{2\pi \times 9,25 \times 10^{-3}}{24 \times 3600}$ |

Exame Nacional de 2024 - 2.ª Fase

2. Na Figura 2, que não está à escala, está representado o movimento do Telescópio Espacial James Webb (JWST) em torno do Sol, numa região exterior à órbita da Terra. A localização nesta região particular permite que o telescópio acompanhe a Terra no seu movimento de translação.

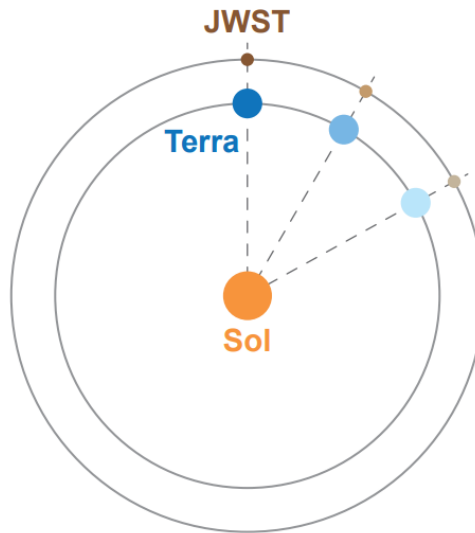
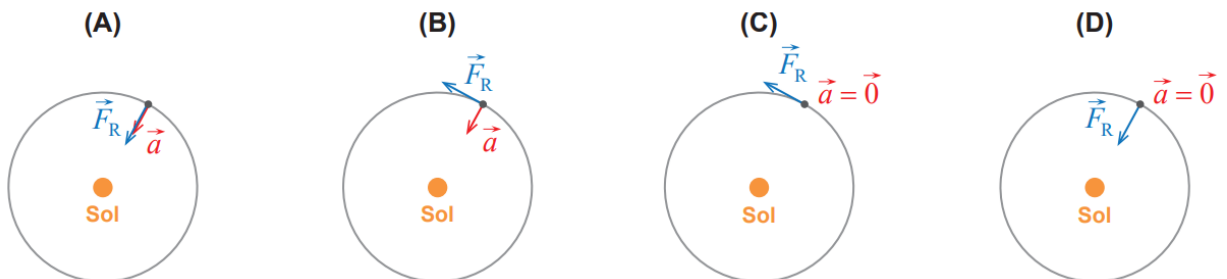


Figura 2

Considere que a Terra e o JWST realizam órbitas circulares em torno do Sol e que podem ser representados pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

- * 2.1. Qual dos diagramas seguintes, que não se encontram à escala, pode representar a resultante das forças, $\vec{F}_R$, que atuam na Terra e a aceleração, $\vec{a}$, da Terra durante o seu movimento em torno do Sol?



- * 2.2. Determine o período de translação do JWST, em dias, tendo em conta o efeito da ação conjunta das forças gravíticas exercidas pelo Sol e pela Terra no telescópio.

Considere que:

- a massa do JWST é 6200 kg;
- a massa da Terra é $5,97 \times 10^{24}$ kg;
- o módulo da força gravítica que o Sol exerce no JWST é 36,03 N;
- a distância entre o Sol e a Terra é $1,496 \times 10^{11}$ m;
- a distância entre o JWST e a Terra é $1,50 \times 10^9$ m.

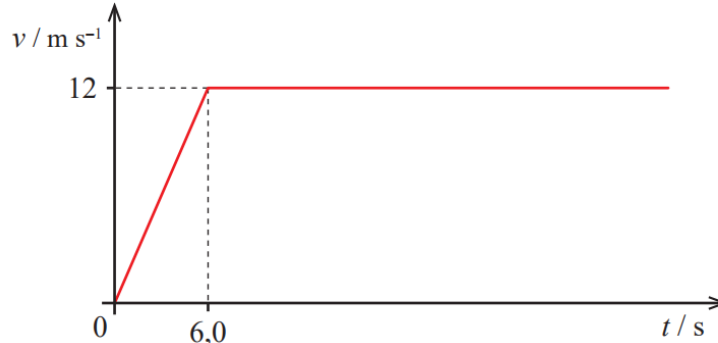
Apresente todos os cálculos efetuados.

4. Um automóvel, de massa 1000 kg, encontra-se parado junto a um semáforo.

No instante em que o automóvel inicia o seu movimento, é ultrapassado por uma mota, de massa 150 kg, que se move, na mesma direção e no mesmo sentido, com velocidade constante de módulo 10 m s^{-1} , que mantém ao longo de todo o percurso em análise.

Considere que a trajetória descrita por ambos os veículos é retilínea e horizontal e que estes podem ser representados pelo seu centro de massa, segundo o modelo da partícula material.

A Figura 4 apresenta o gráfico do módulo da velocidade do automóvel em função do tempo.



- * 4.2. Determine a distância percorrida pelos dois veículos até se encontrarem novamente.

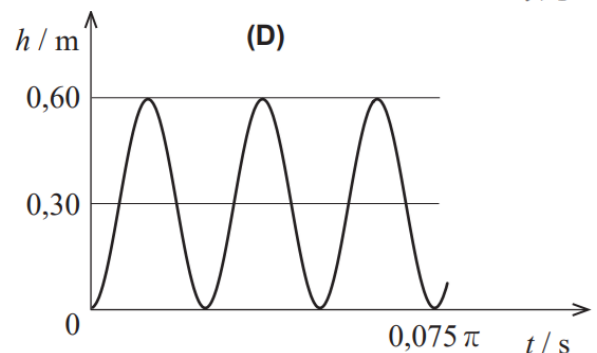
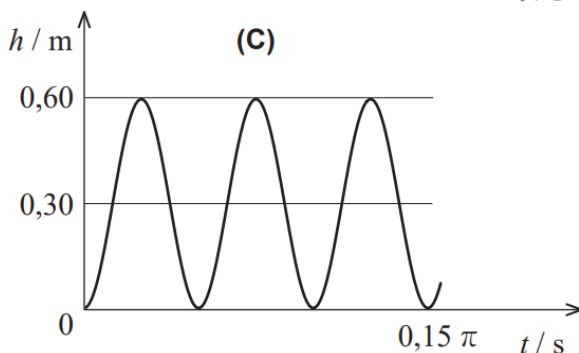
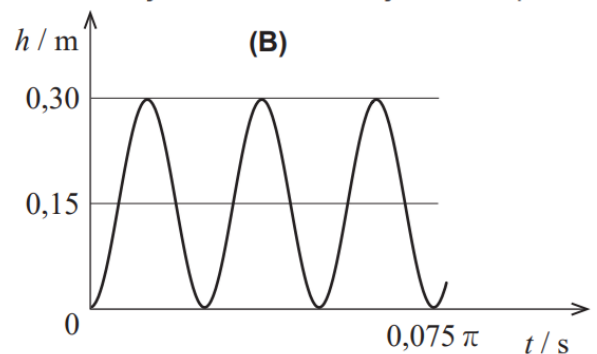
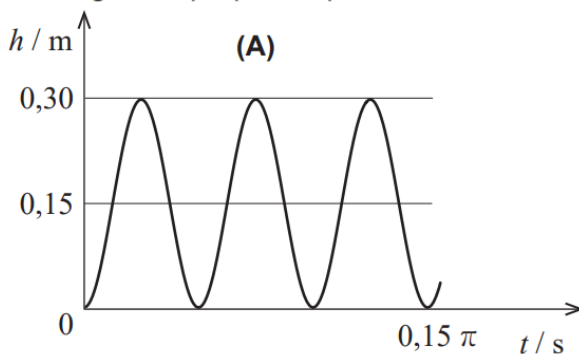
Apresente todos os cálculos efetuados.

- 4.3. O instante em que o automóvel e a mota apresentam igual velocidade ocorre

- (A) antes dos 6,0 s, tendo os dois veículos a mesma energia cinética.
- (B) após os 6,0 s, tendo os dois veículos a mesma energia cinética.
- (C) antes dos 6,0 s, tendo os dois veículos diferente energia cinética.
- (D) após os 6,0 s, tendo os dois veículos diferente energia cinética.

- 4.4. Considere um ponto X localizado na periferia de uma roda do automóvel, de raio 30 cm, que contacta com o solo, sem deslizar, quando o automóvel se desloca a uma velocidade constante, de módulo 12 m s^{-1} .

Qual é o gráfico que pode representar a altura, h , do ponto X em relação ao solo, em função do tempo, t ?



Exame Nacional de 2024 - 1.ª Fase

1. As medalhas atribuídas nos Jogos Olímpicos de Tóquio, que decorreram em 2021, foram totalmente produzidas a partir de material reciclado de equipamentos eletrónicos.

A Figura 1 apresenta a massa de cada medalha, de ouro, de prata e de bronze, e a percentagem, em massa, dos elementos que as constituem.

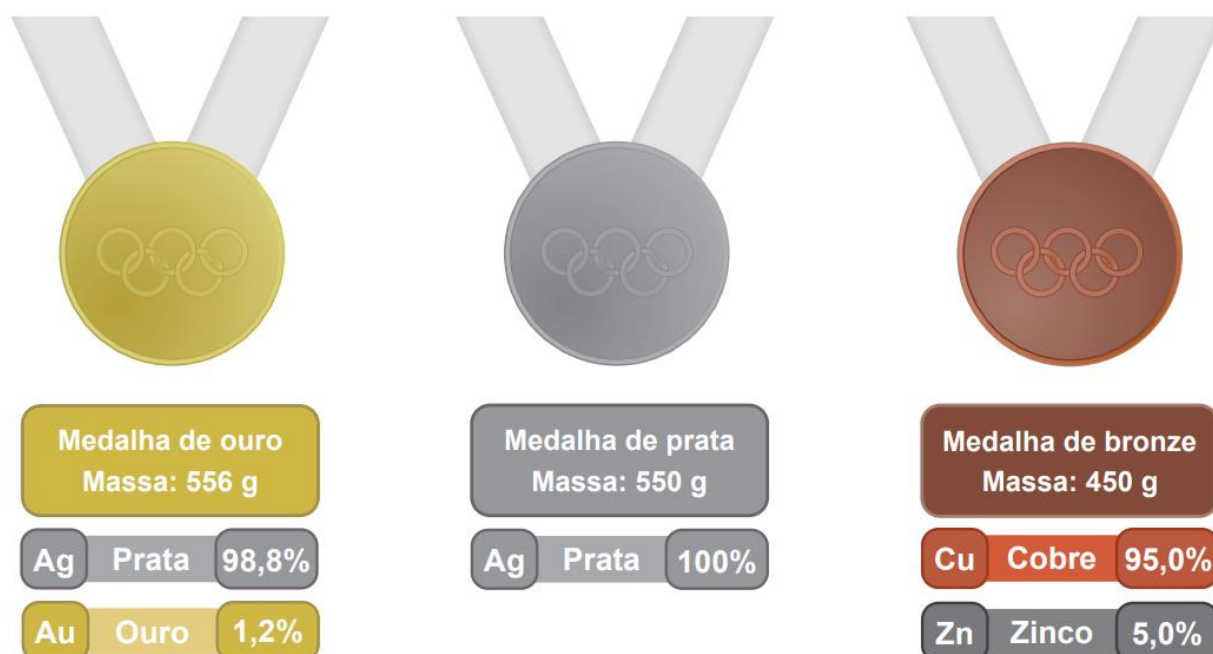


Figura 1

- * 1.1. Complete o texto seguinte, selecionando a opção correta para cada espaço.

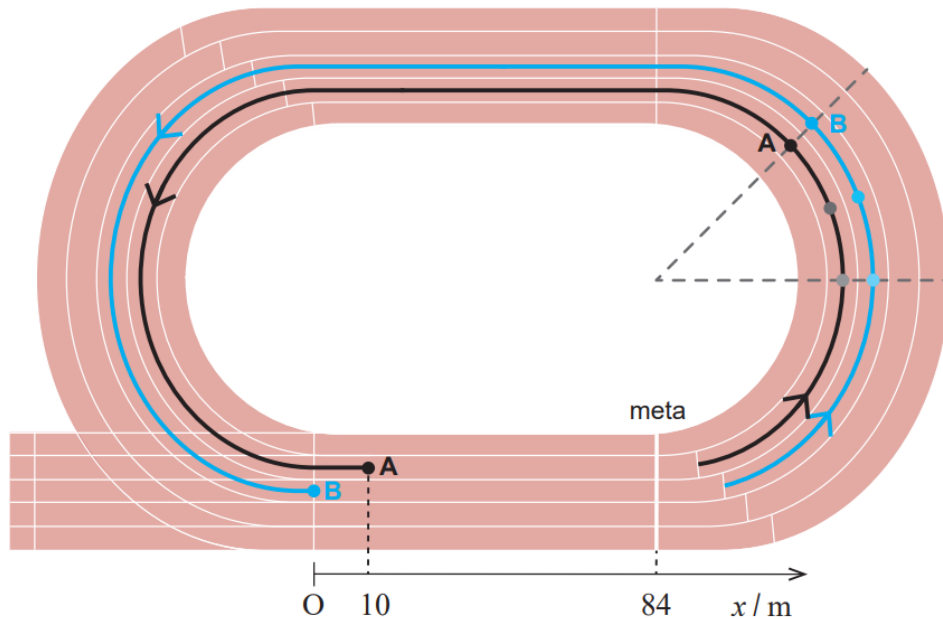
Escreva, na folha de respostas, cada uma das letras seguida do número que corresponde à opção selecionada.

A interação responsável pela formação de ligações químicas é de natureza a).
 Genericamente, uma interação deste tipo b).
 Nas medalhas, a ligação química ocorre c) e é designada ligação d).

a)	b)	c)	d)
1. eletromagnética	1. apenas pode ser atrativa	1. por partilha localizada de eletrões	1. covalente
2. gravítica	2. apenas pode ser repulsiva	2. entre catiões e aniões	2. metálica
3. nuclear	3. pode ser atrativa ou repulsiva	3. entre catiões e eletrões livres	3. iónica

3. A Figura 2, que não está à escala, representa uma pista de atletismo onde dois atletas, A e B, realizam uma corrida de treino para uma prova de 400 metros planos.

Considere que os atletas podem ser representados pelo seu centro de massa, segundo o modelo da partícula material.



- 3.1. Considere o troço curvilíneo da pista destacado no lado direito da Figura 2, em que os atletas se mantêm lado a lado, descrevendo arcos de circunferência de raios diferentes com movimento circular uniforme.

Nesse troço, a intensidade da resultante das forças que atuam em cada um dos atletas é

- (A) zero, e os módulos das velocidades de ambos são iguais.
- (B) zero, e os módulos das velocidades angulares de ambos são iguais.
- (C) diferente de zero, e os módulos das velocidades de ambos são iguais.
- (D) diferente de zero, e os módulos das velocidades angulares de ambos são iguais.

- * 3.2. Quando o atleta B entra na reta da meta, a 84 m desta, o atleta A encontra-se 10 m à sua frente, tal como esquematizado na Figura 2.

Considere que, nesse instante, os módulos das velocidades dos dois atletas são $6,5 \text{ m s}^{-1}$ e que, até chegar à meta, o atleta A mantém um movimento retilíneo e uniforme, enquanto o atleta B se movimenta retilineamente com uma aceleração constante de módulo $0,10 \text{ m s}^{-2}$.

Considere o referencial Ox representado na Figura 2.

Justifique que o atleta A vence a corrida.

Na sua resposta, comece por apresentar as equações do movimento dos dois atletas e apresente todos os cálculos efetuados.

7. Um atleta, com 70 kg, efetua pequenos saltos verticais durante o treino.

A Figura 5, que não está à escala, representa esquematicamente um salto vertical desse atleta. Este inicia o movimento a partir do repouso (instante t_0), perde o contacto com o solo (instante t_1), atinge a altura máxima (instante t_2) e volta ao contacto com o solo (instante t_3).

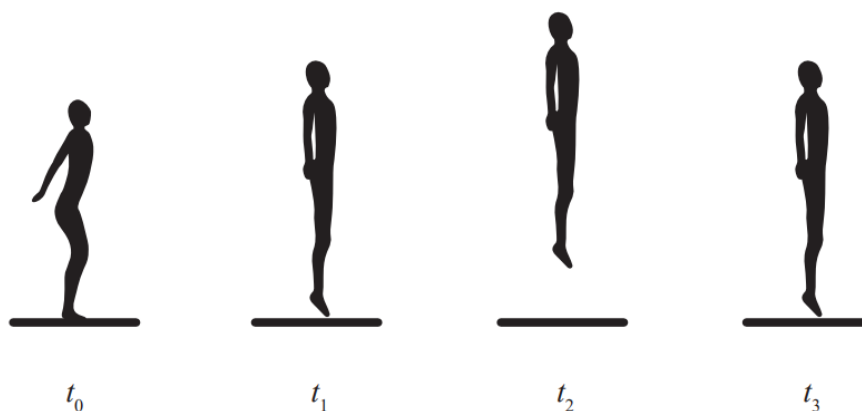


Figura 5

Considere que:

- o atleta pode ser representado pelo seu centro de massa, segundo o modelo da partícula material;
- a resistência do ar é desprezável;
- entre os instantes t_0 e t_1 , decorrem 0,20 s e, entre os instantes t_1 e t_2 , decorrem 0,15 s.

*** 7.1.** Determine a intensidade da força de reação que, em média, o solo exerce no atleta entre os instantes t_0 e t_1 .

Apresente todos os cálculos efetuados.

7.3. Considere que um astronauta realiza um salto vertical na Lua, abandonando o solo com a mesma velocidade com que um atleta o faria na Terra.

A aceleração gravítica na Lua é, aproximadamente, $\frac{1}{6}$ da aceleração gravítica na Terra.

Por comparação com o salto do atleta na Terra, na Lua, o astronauta salta

- (A) três vezes mais alto.
- (B) seis vezes mais alto.
- (C) doze vezes mais alto.
- (D) trinta e seis vezes mais alto.

Exame Nacional de 2023 - Época Especial

5. O tempo de reação é o intervalo de tempo entre a geração de um estímulo (visual, auditivo ou outro) e a resposta motora.

5.1. Na condução, sob o efeito de álcool, há um aumento do tempo de reação e, consequentemente, do risco de acidentes rodoviários.

Um condutor, ao observar um obstáculo na estrada, reage e coloca o pé no travão até imobilizar o veículo.

Considere $t = 0$ s o instante em que o condutor observa o obstáculo.

Na Figura 4, apresentam-se os gráficos do módulo da velocidade, v , de um condutor (sistema *veículo + condutor*), em função do tempo, t , quando estava sóbrio e quando se encontrava sob o efeito de álcool.

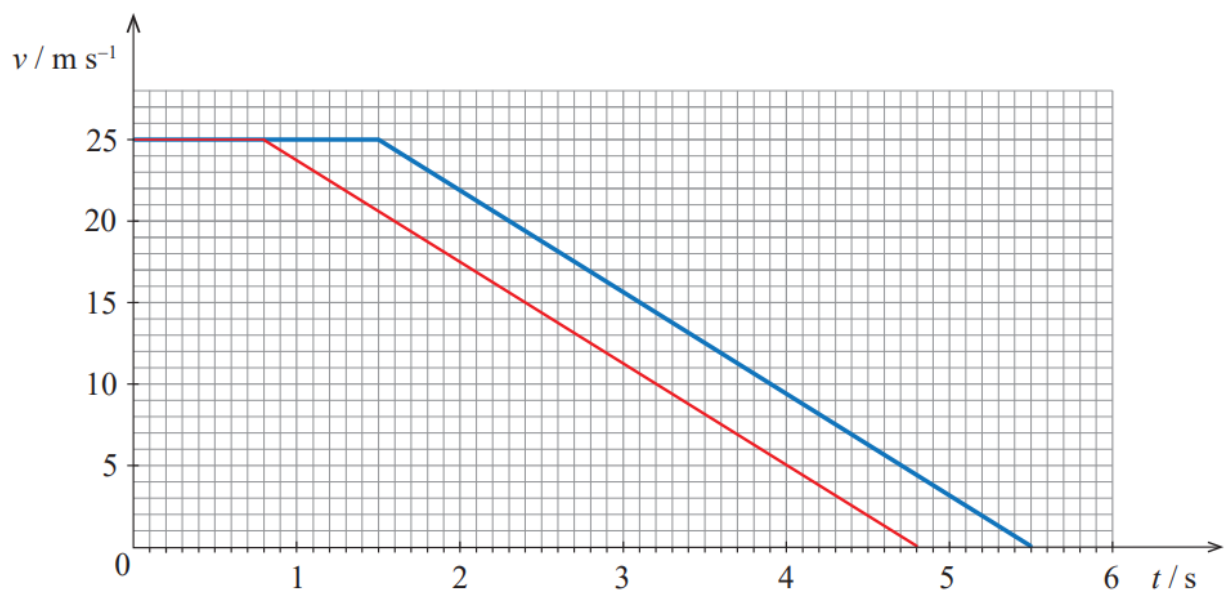


Figura 4

Sob o efeito de álcool, o condutor percorreu mais _____ do que quando estava sóbrio.

- (A) 70,0 m (B) 37,5 m (C) 17,5 m (D) 87,5 m

- * 5.2.** Considere a experiência seguinte, que permite estimar o tempo de reação de uma pessoa recorrendo unicamente a uma régua.

Uma pessoa, A, segura a extremidade superior de uma régua posicionada verticalmente, enquanto outra pessoa, B, coloca a sua mão na parte inferior da régua, na marcação 0 cm, sem a segurar.

A pessoa A larga a régua, e a pessoa B, sem alterar a posição da mão, segura-a, tal como é ilustrado na Figura 5.

Considere desprezável a resistência do ar.

Deduz a expressão matemática que permite estimar o tempo de reação da pessoa B, com base na medição a efetuar nesta experiência.

Na sua resposta, explicita o significado da grandeza que consta na expressão e que é medida nesta experiência.

Utilize uma linguagem científica adequada.

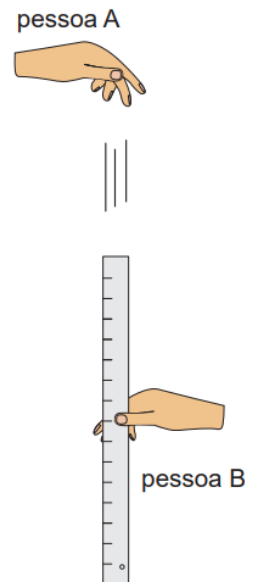


Figura 5

- 6.** Algumas condições estruturais das vias rápidas e autoestradas contribuem para a segurança rodoviária na circulação de veículos. Nas saídas das autoestradas, constroem-se vias aproximadamente circulares para efetuar alterações de sentido e rampas de emergência para diminuir drasticamente o módulo da velocidade.

- 6.1.** Numa determinada via, um automóvel realiza uma trajetória circular, de raio 85 m, como se representa na Figura 6.

Considere que o automóvel tem energia cinética constante de $2,40 \times 10^5$ J.

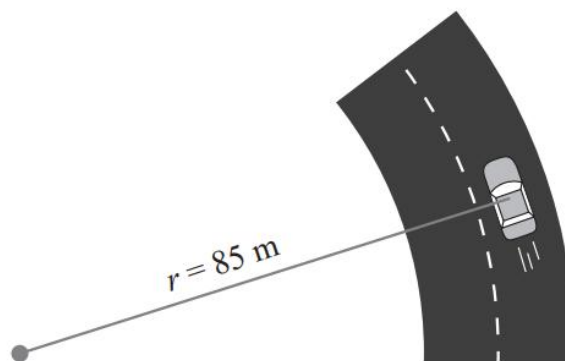


Figura 6

Qual é a intensidade da resultante das forças que atuam no automóvel, enquanto este percorre esta via?

- (A) $5,6 \times 10^3$ N
 (B) $2,8 \times 10^3$ N
 (C) $4,1 \times 10^7$ N
 (D) $2,0 \times 10^7$ N

9. Uma bola de voleibol, V, e uma bola de futebol, F, foram lançadas verticalmente, de baixo para cima, a partir da mesma posição, y_0 , com velocidades iniciais de módulos $5,0 \text{ m s}^{-1}$ e $4,0 \text{ m s}^{-1}$, respetivamente, de acordo com a Figura 11.

Admita que:

- y_0 é o nível de referência da energia potencial gravítica;
- a resistência do ar é desprezável;
- as bolas podem ser representadas pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

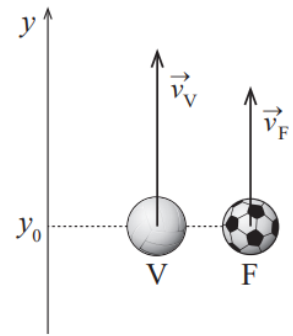
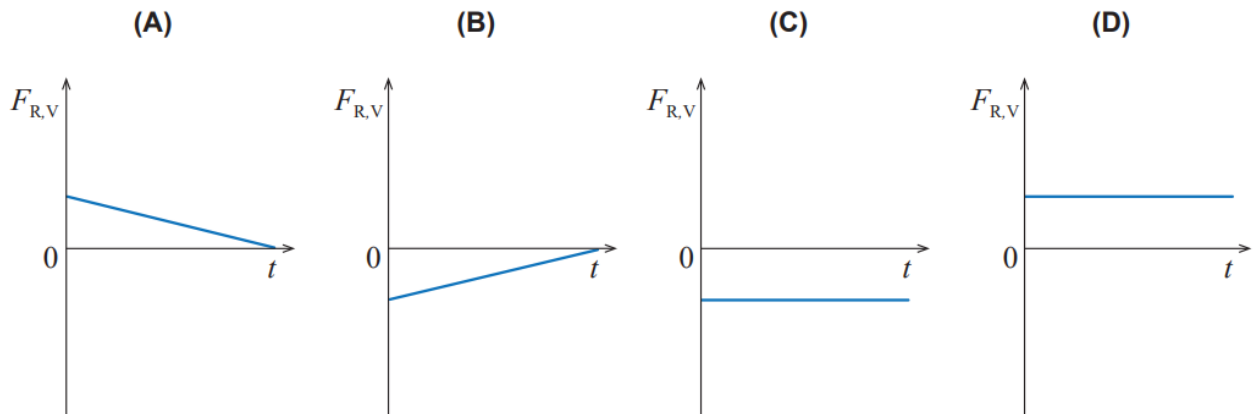


Figura 11

- 9.2. Considere que a bola de voleibol foi lançada no instante $t = 0 \text{ s}$ e que a bola de futebol foi lançada 3 s depois.

- * 9.2.1. Qual dos esboços seguintes pode representar a componente escalar da força resultante que atua na bola de voleibol, $F_{R,V}$, em função do tempo, t , desde o instante em que a bola é lançada até ao instante em que atinge a altura máxima?



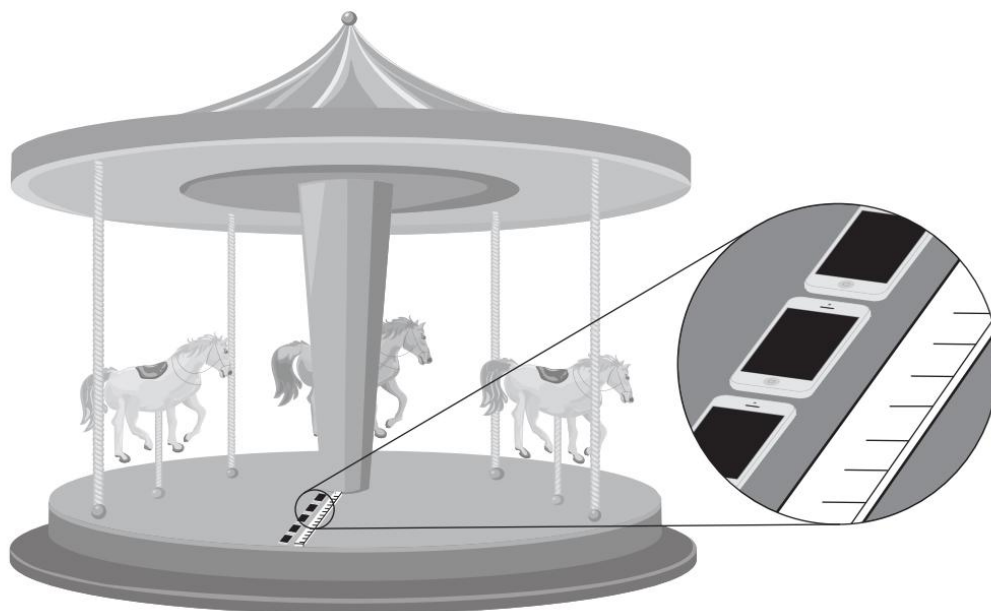
- 9.2.2. Qual das opções seguintes pode representar a equação que permite obter a componente escalar da velocidade da bola de futebol, v_F , em função do tempo, t , expressa nas unidades base do SI?

- (A) $v_F = 4,0 + 9,80(t - 3)$ se $t \geq 3$
 (B) $v_F = 4,0 - 9,80(t - 3)$ se $t \geq 3$
 (C) $v_F = 4,0 + 9,80(t + 3)$ se $t \geq 3$
 (D) $v_F = 4,0 - 9,80(t + 3)$ se $t \geq 3$

Exame Nacional de 2023 - 2.^a Fase

- * 4. Para o estudo das características de um movimento circular uniforme, realizaram-se, em contexto real, num carrossel, medições do módulo da aceleração em função do raio, utilizando sensores de aceleração em telemóveis (*smartphones*).

Tal como é ilustrado na Figura 5, num carrossel circular, fixaram-se cinco telemóveis em posições diferentes, numa direção radial.



Na tabela seguinte, estão registados os raios, r , e os módulos da aceleração centrípeta, a_c , medidos.

r / m	$a_c / \text{m s}^{-2}$
1,10	0,26
2,00	0,50
2,40	0,57
3,20	0,72
3,40	0,79

Determine o módulo da velocidade angular, nas condições em que decorre a experiência, a partir da equação da reta de ajuste a um gráfico adequado.

Na sua resposta:

- identifique as variáveis independente e dependente a considerar nos eixos do gráfico;
- apresente a equação da reta de ajuste ao gráfico;
- apresente o valor solicitado com dois algarismos significativos.

Apresente todos os cálculos efetuados.

5. O modelo de Bohr do átomo de hidrogénio, proposto em 1913, baseando-se em órbitas estacionárias circulares, permite o cálculo da energia dos eletrões nos diferentes níveis de energia. A cada nível de energia do eletrão corresponde uma única órbita em torno do protão.

5.1. Admita que, no estado fundamental, o eletrão se move numa órbita circular de raio $5,29 \times 10^{-11} \text{ m}$ (raio de Bohr) e realiza 1000 voltas em $1,52 \times 10^{-13} \text{ s}$.

Considere que o movimento do eletrão é circular e uniforme.

Qual é o módulo da velocidade do eletrão nesta órbita?

- (A) $6,96 \times 10^5 \text{ m s}^{-1}$
- (B) $1,09 \times 10^6 \text{ m s}^{-1}$
- (C) $4,13 \times 10^{16} \text{ m s}^{-1}$
- (D) $2,19 \times 10^6 \text{ m s}^{-1}$

9. Uma esquiadora (e) desliza ao longo de uma encosta gelada. No instante em que a esquiadora passa na posição A, um trenó (t), inicialmente em repouso, desprende-se de uma encosta do lado oposto, tal como se representa na Figura 8, que não está à escala. Os dois corpos, após a descida das encostas, passam a mover-se no plano horizontal.

Admita que:

- ambos os corpos percorrem 50,0 m nas vertentes inclinadas das encostas;
- $m_{\text{esquiadora}} = 3 m_{\text{trenó}}$;
- os dois corpos descrevem sempre trajetórias retilíneas;
- o atrito e a resistência do ar são desprezáveis;
- a esquiadora e o trenó podem ser representados pelos seus centros de massa, segundo o modelo da partícula material;
- o troço horizontal BC é o nível de referência da energia potencial gravítica.

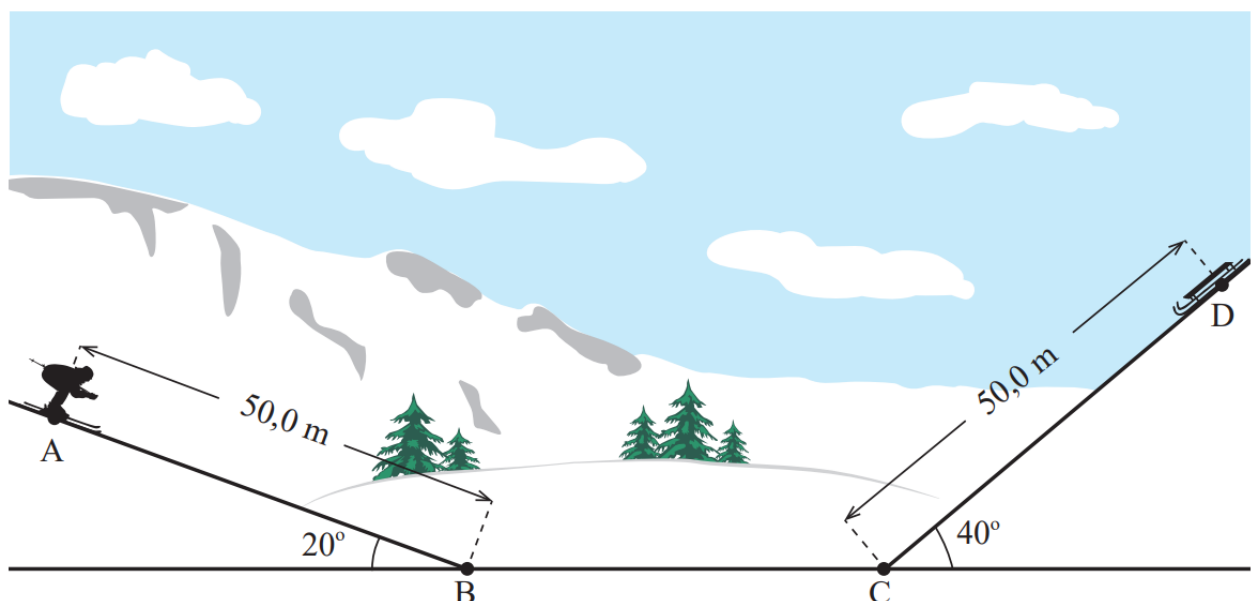


Figura 8

9.1. Qual das opções seguintes pode representar a relação entre o módulo da aceleração da esquiadora, a_e , e o do trenó, a_t , e a relação entre o módulo da variação da energia potencial gravítica do sistema *esquiadora + Terra*, ΔE_{pe} , e o do sistema *trenó + Terra*, ΔE_{pt} , nos deslocamentos AB e DC, respetivamente?

(A) $|a_e| > |a_t|$ e $|\Delta E_{pe}| > |\Delta E_{pt}|$

(B) $|a_e| > |a_t|$ e $|\Delta E_{pe}| < |\Delta E_{pt}|$

(C) $|a_e| < |a_t|$ e $|\Delta E_{pe}| > |\Delta E_{pt}|$

(D) $|a_e| < |a_t|$ e $|\Delta E_{pe}| < |\Delta E_{pt}|$

Exame Nacional de 2023 - 1.ª Fase

5. A Figura 5 ilustra um prédio que tem três lanços de escadas, cada um com 2,80 m de altura, e um elevador cuja cabina tem 300 kg de massa. Para se deslocar do rés do chão (r/c) até ao 3.º andar, uma pessoa de massa 75 kg pode utilizar o elevador ou as escadas.

Admita que:

- a pessoa e o conjunto *pessoa + cabina* são sistemas redutíveis ao seu centro de massa (modelo da partícula material);
- o solo é o nível de referência da energia potencial gravítica.

Considere o referencial Oy representado na figura.

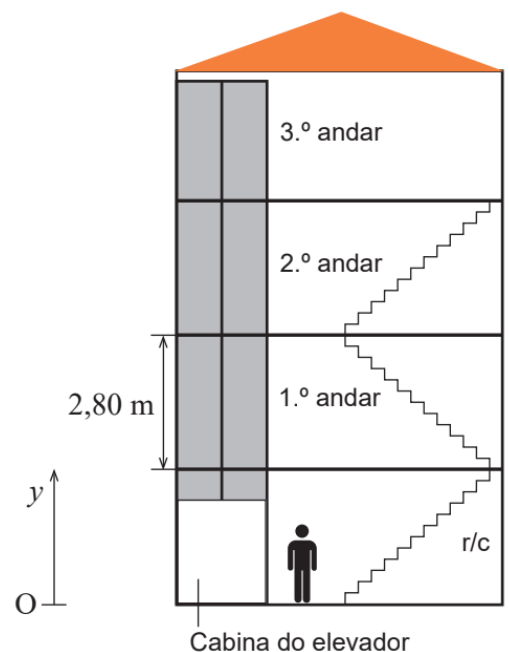


Figura 5

5.2. De elevador, o percurso do rés do chão até ao 3.º andar demora 10,0 s.

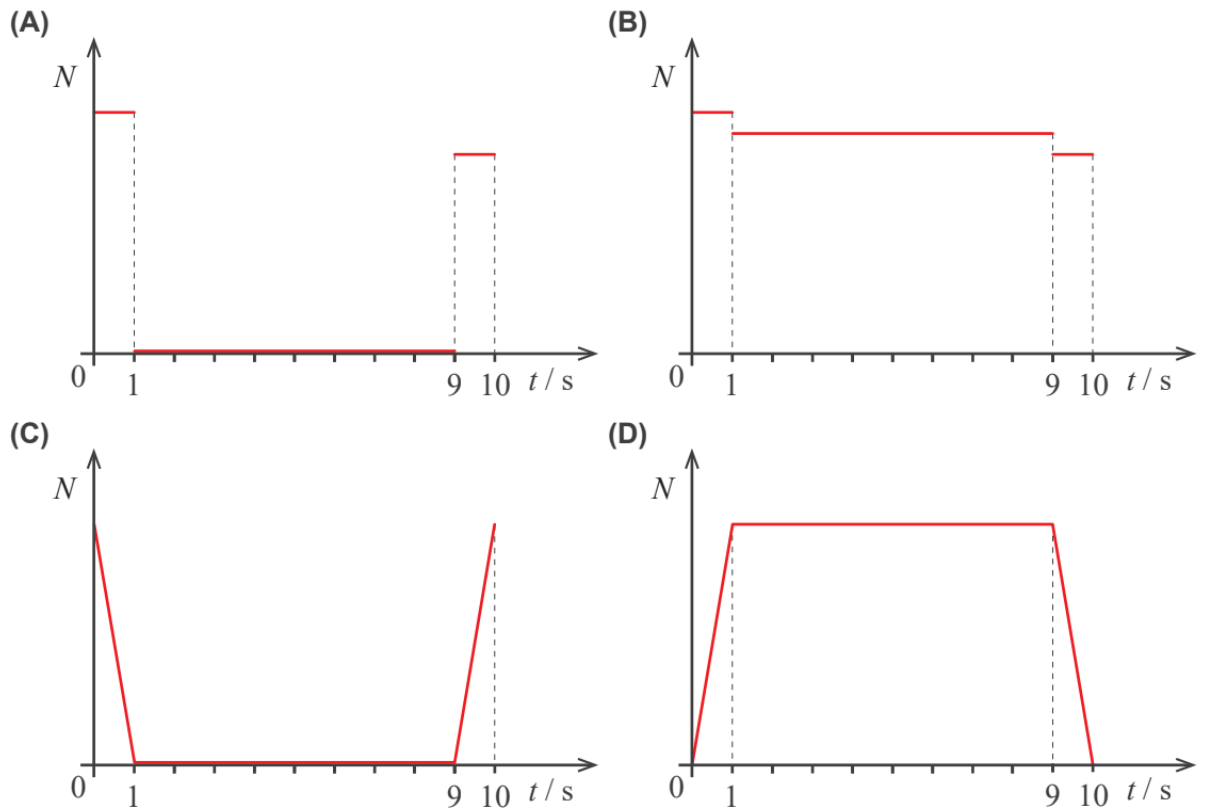
Admita que o elevador se desloca, durante o primeiro segundo de movimento, com uma aceleração cuja componente escalar é positiva. No instante 1,0 s, atinge a velocidade máxima, que mantém durante 8,0 s. Dos 9,0 s até aos 10,0 s, o elevador desloca-se com uma aceleração cuja componente escalar é negativa, até parar.

Considere que o módulo da aceleração é constante durante o primeiro e o último segundos de movimento.

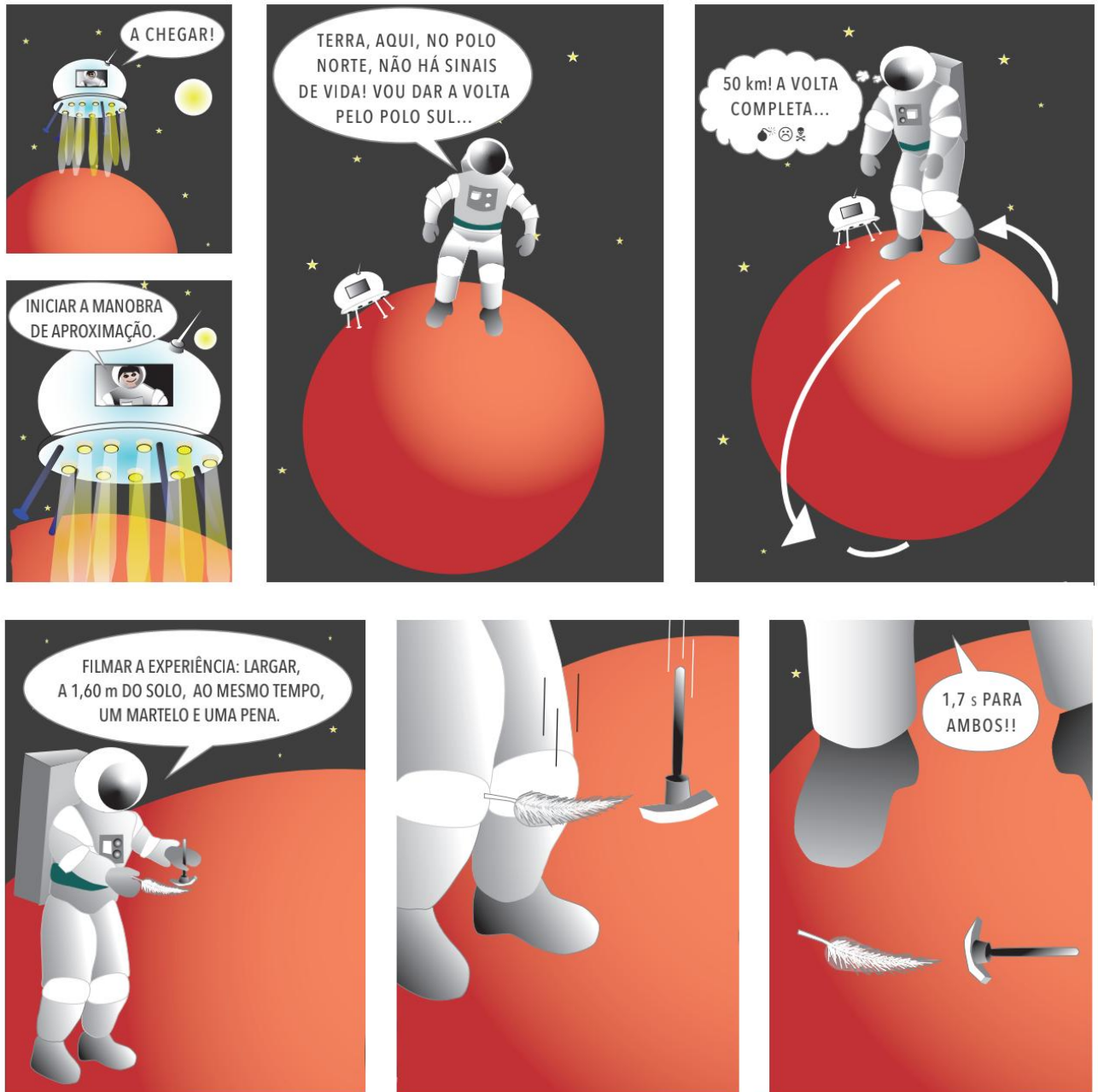
* 5.2.1. Determine o módulo da velocidade máxima que o elevador atinge.

Apresente todos os cálculos efetuados.

5.2.2. Qual das opções seguintes corresponde ao esboço do gráfico da intensidade da força, N , que o elevador exerce sobre a pessoa, em função do tempo, t ?



* 9. Considere a informação dada nas seguintes tiras de uma banda desenhada de ficção científica.



Admita que o planeta é esférico e de densidade uniforme.

Determine, a partir dos dados fornecidos na banda desenhada, a massa do planeta.

Apresente todos os cálculos efetuados.

Exame Nacional de 2022 - Época Especial

3. Com vista a uma gestão energética económica e ambientalmente mais sustentável, a administração de uma rede de metropolitano adotou o procedimento seguinte no percurso entre cada duas estações:

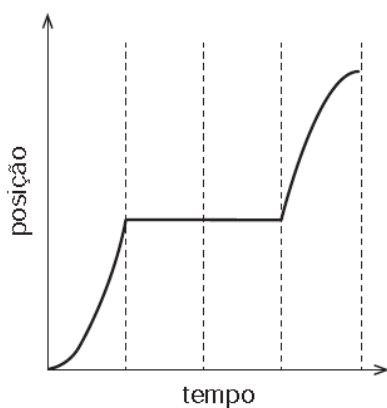
- no primeiro quarto do tempo total do percurso, o comboio move-se com aceleração constante;
- de seguida, durante metade do tempo total, mantém uma velocidade constante;
- no último quarto do tempo total, reduz a sua velocidade uniformemente, até parar.

Considere uma trajetória retilínea e horizontal entre duas estações.

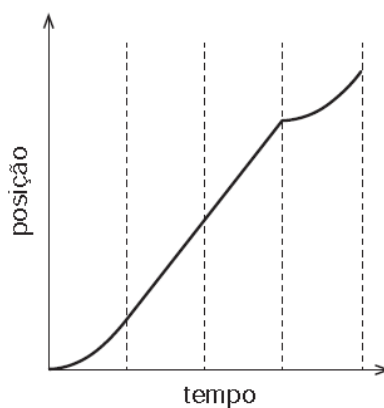
3.1. Qual é o esboço do gráfico da posição em função do tempo que melhor corresponde ao movimento desse comboio entre duas estações?

Admita que o comboio pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

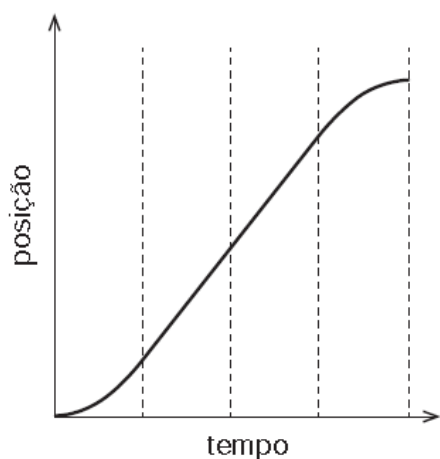
(A)



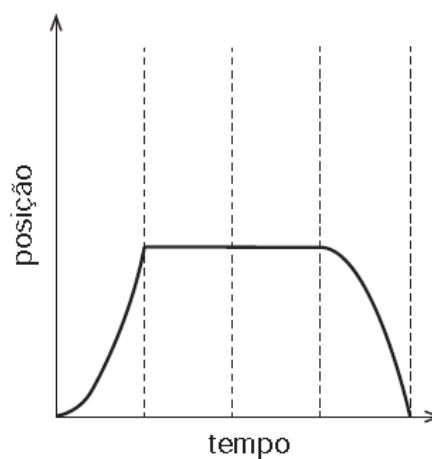
(B)



(C)



(D)



- * 3.2. Enquanto trabalha no interior de um túnel, um funcionário avista um comboio parado na estação, a 150 m de distância. Por motivos de segurança, o funcionário imobiliza-se junto à parede do túnel, à espera que o comboio passe.

A Figura 1 representa o movimento do comboio desde que parte da estação até que inicia a sua passagem pelo funcionário com uma velocidade de 10 m s^{-1} .

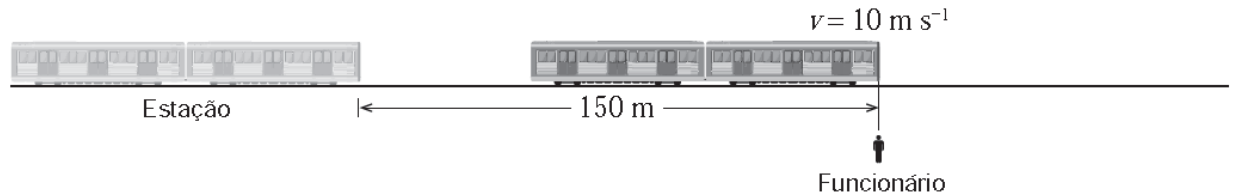
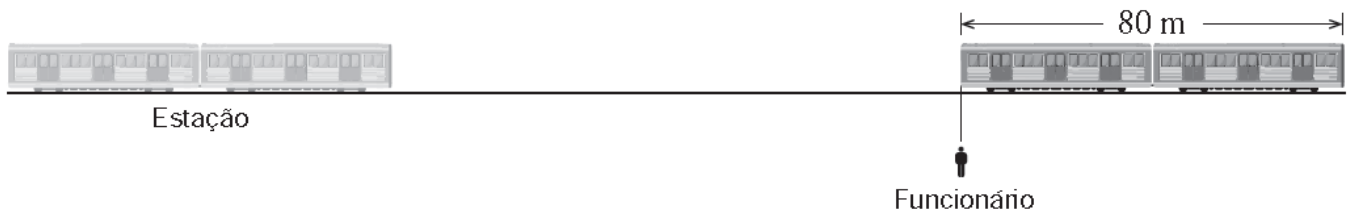


Figura 1

A Figura 2 representa o instante em que a última carruagem passa, na totalidade, pelo funcionário.

Considere que o comboio tem 80 m de comprimento e que se movimenta com aceleração constante.



Calcule o intervalo de tempo, Δt , desde a partida do comboio da estação até que a última carruagem passa pelo funcionário, como se representa na Figura 2.

Apresente todos os cálculos efetuados.

4. Uma das opções de mobilidade sustentável nas cidades passa pelo uso da bicicleta como meio de transporte.

Na Figura 3, que não está à escala, está representada uma ciclista que se desloca numa trajetória retilínea, numa ciclovia. A ciclovia tem um troço horizontal, entre A e B, e um troço de inclinação constante, entre B e C.



Figura 3

O conjunto, de massa m , constituído pela ciclista e pela sua bicicleta não motorizada pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

- 4.2. No planeamento das ciclovias, recomenda-se que sejam evitadas rampas com uma inclinação longitudinal superior a 5%. Admita que uma inclinação de 5% significa que, por cada 100 m de pista inclinada percorrida, há um desnível de 5 m na vertical.

Com o objetivo de determinar a inclinação aproximada do troço entre B e C da ciclovía, foi realizada a seguinte experiência:

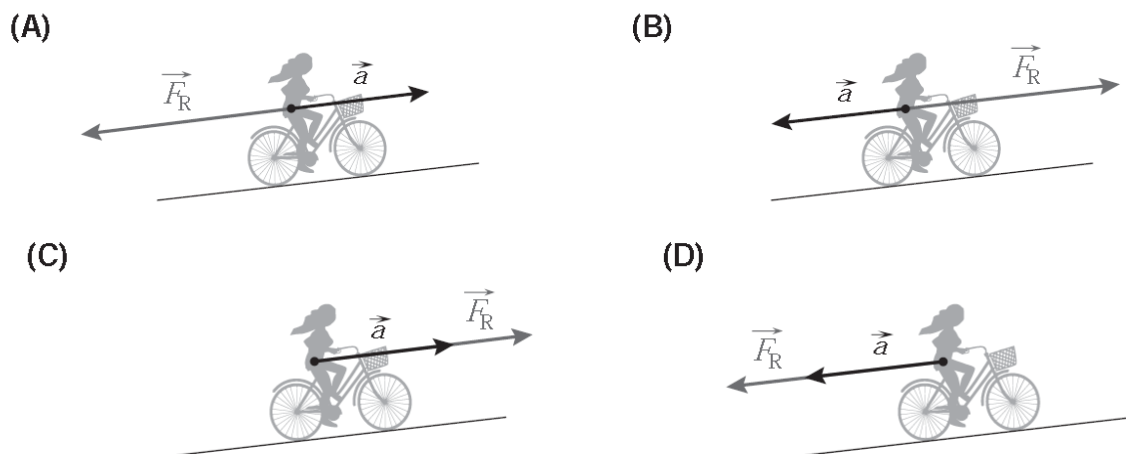
- quando a ciclista passou na posição B, observou que o velocímetro da bicicleta marcava 30 km h^{-1} ;
- quando iniciou a subida, na posição B, deixou de pedalar, percorrendo 40 m até parar na posição C.

Admita que, no trajeto de B a C, foi dissipada 30% da energia mecânica do conjunto *ciclista + bicicleta* e que as forças dissipativas se mantiveram constantes ao longo de todo o percurso.

Considere o troço horizontal da ciclovía como nível de referência da energia potencial gravítica.

- 4.2.2. Nos esquemas seguintes, está representado o conjunto *ciclista + bicicleta* durante a realização da experiência, numa posição entre B e C.

Em qual dos esquemas se encontram representados, embora não à escala, o vetor resultante das forças que atuam no conjunto, $\vec{F}_R$, e o vetor aceleração, $\vec{a}$, durante a subida?



- * 4.3. As bicicletas têm uma corrente que liga uma roda dentada dianteira, D, movimentada pelos pedais, a uma roda dentada traseira, T, fixa à roda traseira, tal como se representa na Figura 5.

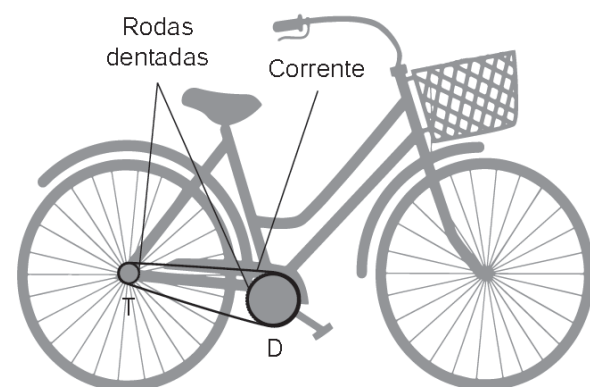


Figura 5

Considere uma rotação completa da roda dentada dianteira, D, em 1 s.

Mostre que, quanto maior for a razão dos raios das duas rodas dentadas, $\frac{r_D}{r_T}$, maior será a frequência de rotação da roda dentada traseira, T.

Comece por relacionar as velocidades lineares das rodas dentadas D e T.

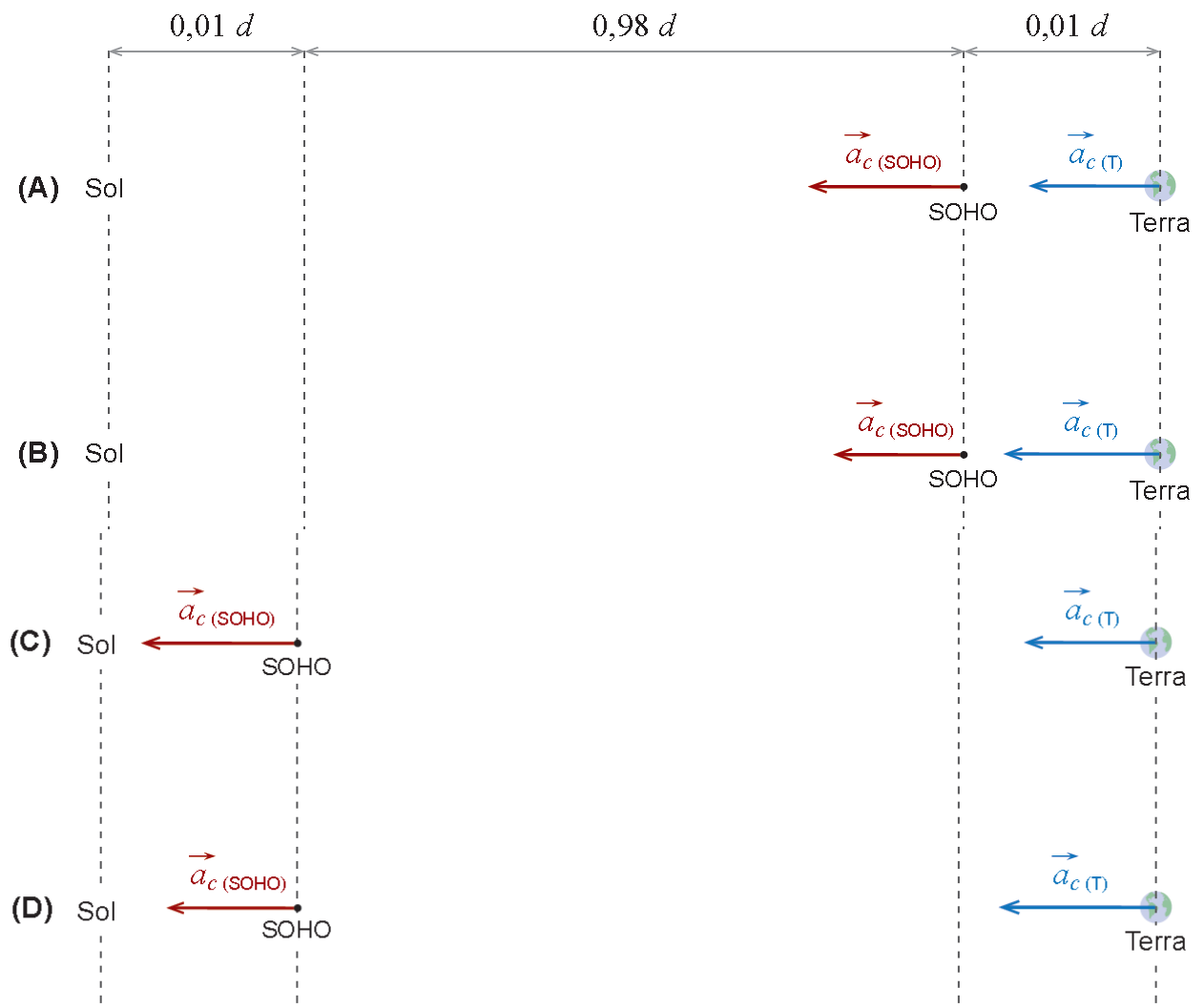
Exame Nacional de 2022 - 2.ª Fase

1.3. O satélite de observação solar SOHO contém instrumentos que permitem estudar distúrbios do vento solar.

1.3.1. O SOHO orbita o Sol com movimento circular uniforme e com o mesmo período orbital da Terra. Nos diagramas que se seguem, considere d a distância média da Terra ao Sol.

Admita que a distância do SOHO ao Sol é 99 vezes superior à distância do SOHO à Terra.

Qual dos diagramas (A, B, C ou D) pode representar as acelerações centrípetas, na mesma escala, no SOHO, $\vec{a}_c(\text{SOHO})$, e na Terra, $\vec{a}_c(\text{T})$?



6. Um avião a jato, de massa m (em kg), aterra com pouco combustível na pista retilínea de um porta-aviões, de acordo com a Figura 7, que não está à escala.

No momento em que atinge a pista, o módulo da velocidade do avião é 65 m s^{-1} . Durante a aterragem, um cabo de retenção, CR, provoca uma desaceleração progressiva do avião, na secção horizontal da pista.

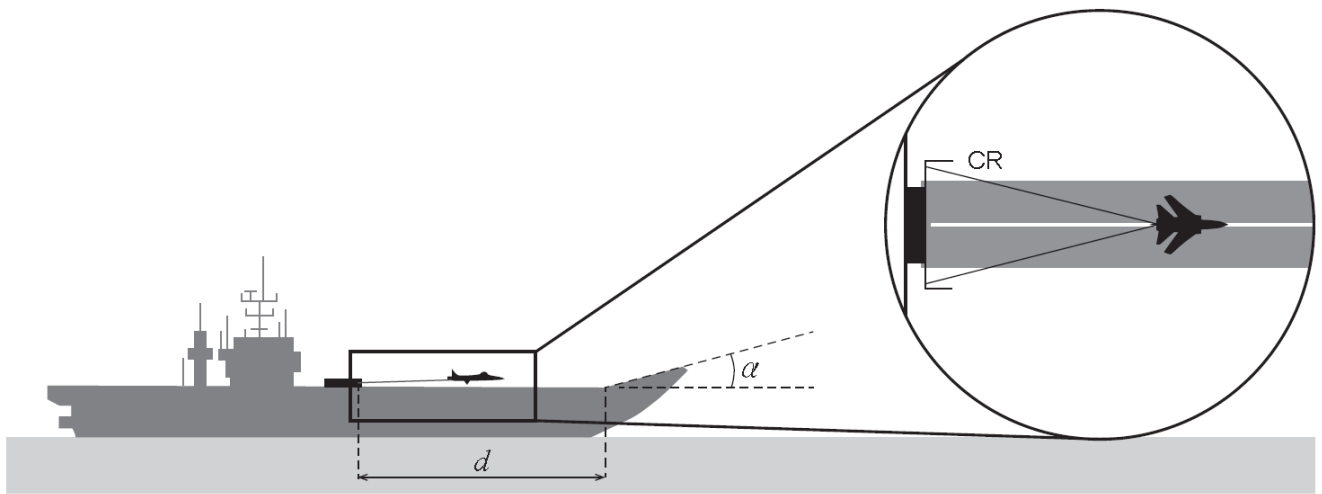


Figura 7

Admita que o cabo de retenção é responsável por uma diminuição de 91,5% da velocidade inicial do avião, mas sofre rotura ao fim de 3,5 s.

Aos 7,8 s, o avião acaba por se imobilizar na secção inclinada da pista.

Na Figura 8, apresenta-se o gráfico do módulo da resultante das forças que atuam no avião durante a aterragem, em função do tempo.

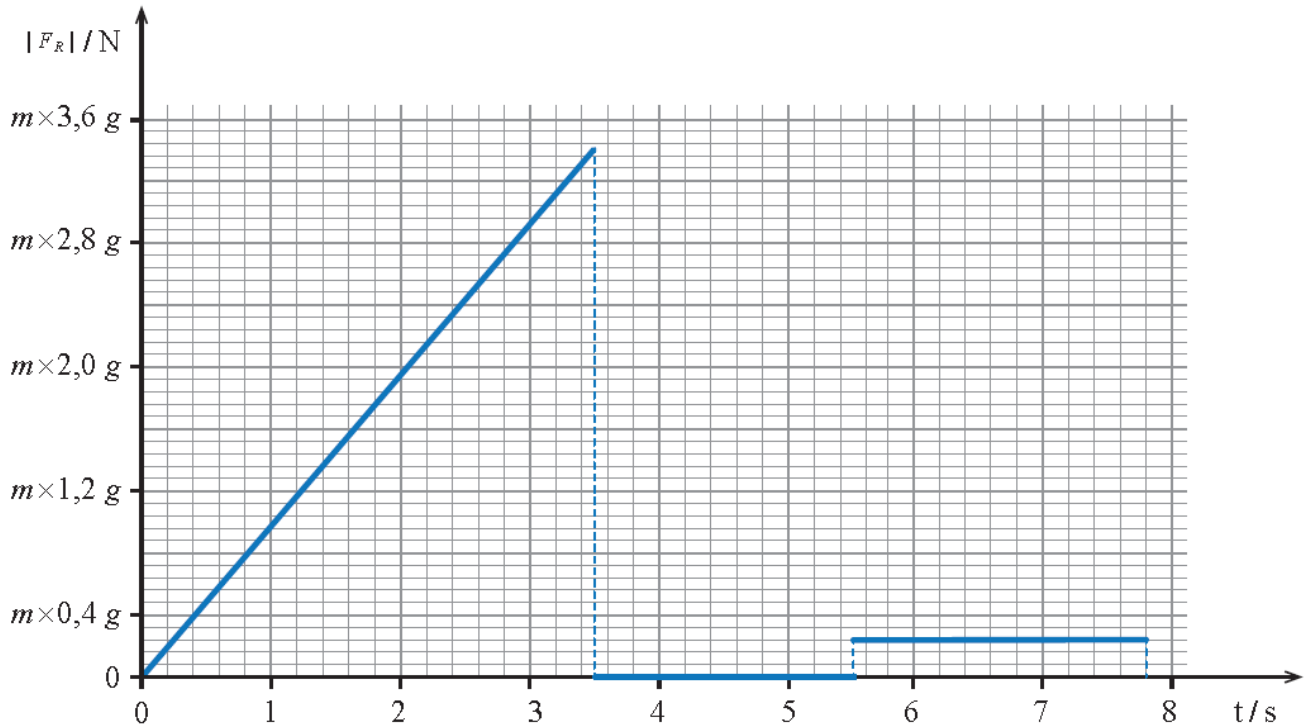


Figura 8

Considere que o avião pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material) e que as forças de atrito e de resistência do ar são desprezáveis.

6.1. O gráfico da Figura 8 permite concluir que o avião apresenta, entre

- (A) 0 s e 3,5 s, movimento uniformemente retardado e, entre 3,5 s e 5,5 s, movimento uniforme.
- (B) 0 s e 3,5 s, movimento uniformemente retardado e, entre 5,5 s e 7,8 s, movimento uniforme.
- (C) 3,5 s e 5,5 s, velocidade constante e, entre 5,5 s e 7,8 s, aceleração de módulo constante.
- (D) 3,5 s e 5,5 s, aceleração de módulo constante e, entre 5,5 s e 7,8 s, velocidade constante.

* 6.2. Na aterragem, o avião percorre, na secção horizontal da pista retilínea, uma distância, d , de 169 m.

No intervalo de tempo $]0,0; 3,5[$ s, o avião percorre _____ do percurso horizontal retilíneo.

- (A) 73% (B) 82% (C) 89% (D) 93%

* 6.3. Entre 5,5 s e 7,8 s, o avião, sujeito a uma força resultante não nula, percorre uma trajetória retilínea com uma inclinação α em relação à direção horizontal da pista, tal como se representa na Figura 7.

Calcule, a partir da leitura dos valores do gráfico, a amplitude do ângulo α .

Apresente todos os cálculos efetuados.

Exame Nacional de 2022 - 1.ª Fase

1. Em 2020, foi enviada mais uma sonda espacial ao planeta Marte, integrada na missão *Mars 2020*. Essa sonda transportou, pela primeira vez na história da exploração espacial, um pequeno helicóptero.

Fazer voar um helicóptero em Marte foi um desafio. Os engenheiros sabiam que a aceleração gravítica de Marte, aproximadamente $\frac{1}{3}$ da terrestre, ajudaria na descolagem, mas a sua atmosfera rarefeita iria tornar mais difícil a sustentação. Assim, o pequeno helicóptero, de 1,8 kg de massa, foi construído com duas hélices de 1,2 m de diâmetro, que rodam, em direções opostas, a 2400 rotações por minuto.

<https://mars.nasa.gov> (consultado em 18/10/2021). (Texto adaptado)

- 1.1. Com os dados do altímetro, os engenheiros confirmaram o sucesso do primeiro voo de teste, em que o helicóptero apenas efetuou uma trajetória vertical.

Na Figura 1, encontra-se representado o gráfico da altitude do helicóptero, y , em função do tempo, t .

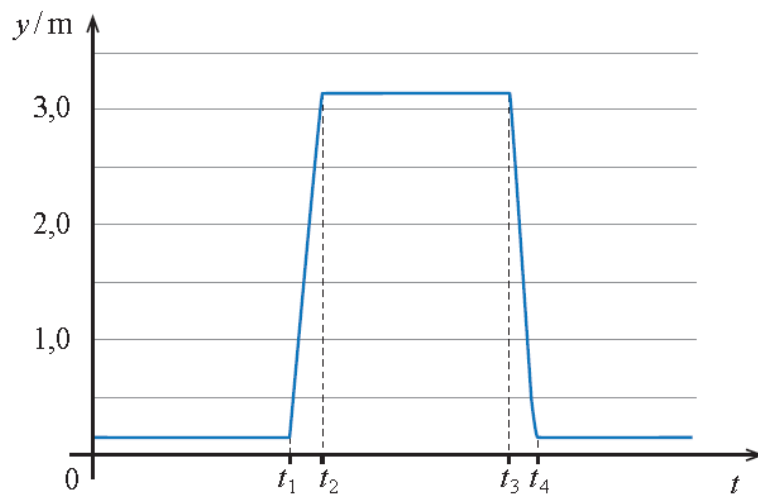


Figura 1

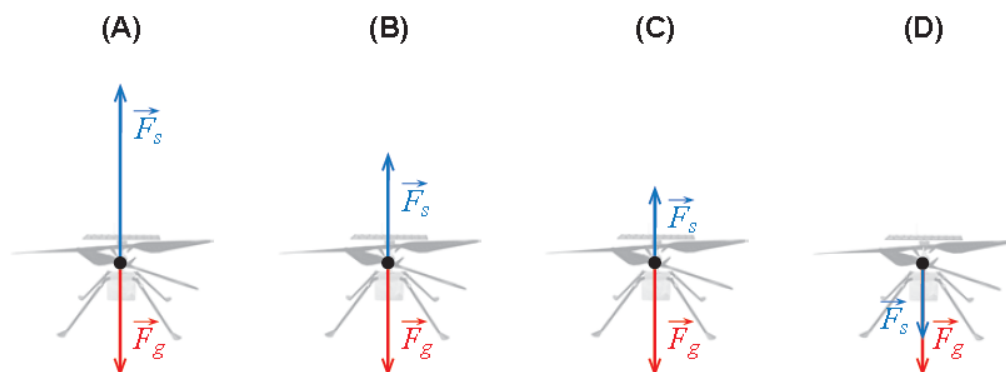
Considere que o helicóptero pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

* 1.1.1. O gráfico da Figura 1 permite concluir que,

- (A) entre 0 e t_1 , o helicóptero se afastou do ponto de partida.
- (B) entre t_1 e t_2 , o movimento do helicóptero foi uniformemente acelerado.
- (C) entre t_2 e t_3 , o helicóptero descreveu uma trajetória retilínea.
- (D) entre 0 e t_4 , ocorreu uma inversão no sentido do movimento do helicóptero.

* 1.1.3. Considere uma parte do percurso em que o helicóptero se move com velocidade constante.

Qual das opções pode representar, na mesma escala, as forças que atuam no helicóptero: a força de sustentação gerada pela rotação das hélices, $\vec{F}_s$, e a força gravítica, $\vec{F}_g$?



1.2. Qual das expressões seguintes permite calcular, em m s^{-1} , o módulo da velocidade de um ponto na extremidade de uma hélice do helicóptero?

(A) $\frac{2\pi \times 0,6 \times 60}{2400} \text{ m s}^{-1}$

(B) $\frac{2\pi \times 1,2 \times 60}{2400} \text{ m s}^{-1}$

(C) $\frac{2\pi \times 0,6 \times 2400}{60} \text{ m s}^{-1}$

(D) $\frac{2\pi \times 1,2 \times 2400}{60} \text{ m s}^{-1}$

6. Num percurso pedestre no litoral algarvio, um rapaz encontra aos seus pés uma abertura na rocha. Ao olhar para o seu interior, observa que se trata de uma cavidade de desenvolvimento vertical, de profundidade elevada, sobre a água. Este tipo de cavidades designa-se algar.

Pela abertura do algar, o rapaz deixa cair verticalmente uma pedra, como se representa na Figura 5.

* 6.1. O som da pedra a bater na água é ouvido 3,0 s depois de a pedra ser largada.

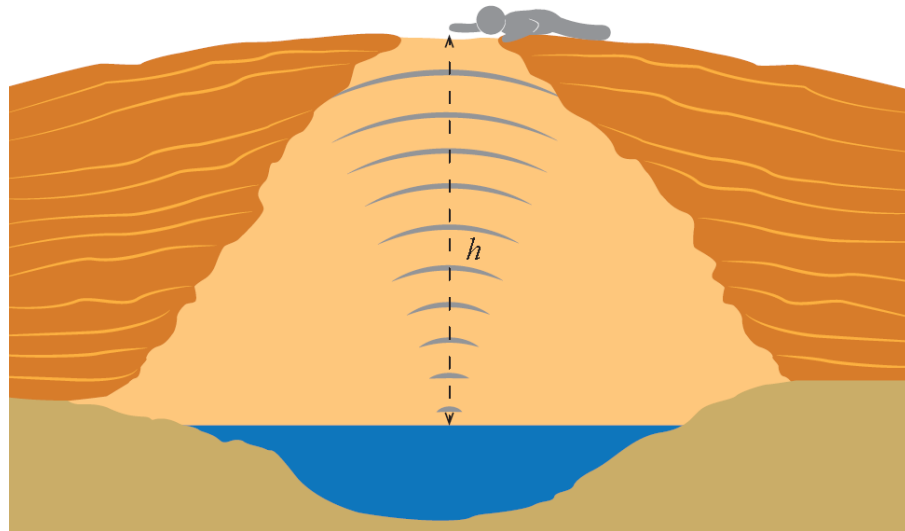


Figura 5

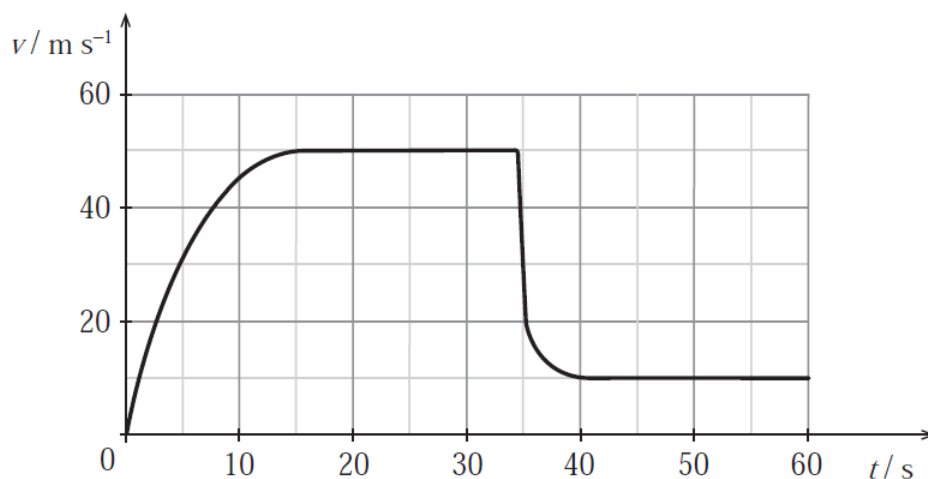
Admita que a velocidade do som no ar é 340 m s^{-1} e que a resistência do ar é desprezável.

Mostre que, para a distância percorrida, h , a razão entre o tempo de queda, t_q , da pedra e o tempo de propagação do som, t_s , é 24 $\left(\frac{t_q}{t_s} = 24\right)$.

Exame Nacional de 2021 - Época Especial

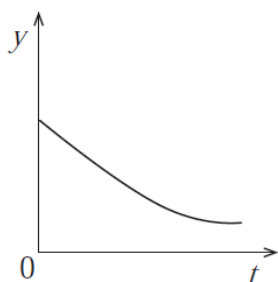
2. Na Figura 3, apresenta-se o gráfico da componente escalar da velocidade, v , de um paraquedista (sistema *paraquedista + paraquedas*), em função do tempo, t , nos primeiros 60 s do seu movimento de descida, na vertical.

Considere um referencial Oy vertical e admita que o paraquedista pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

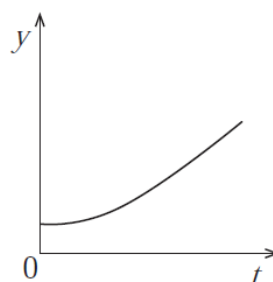


- 2.1. Qual dos esboços de gráfico seguintes pode representar a componente escalar da posição, y , do paraquedista, em relação ao referencial Oy , em função do tempo, t , no intervalo de tempo $[0; 30]$ s?

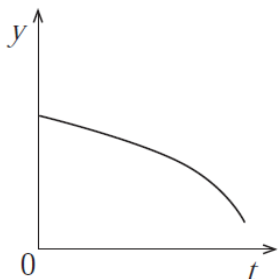
(A)



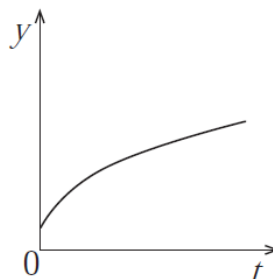
(B)



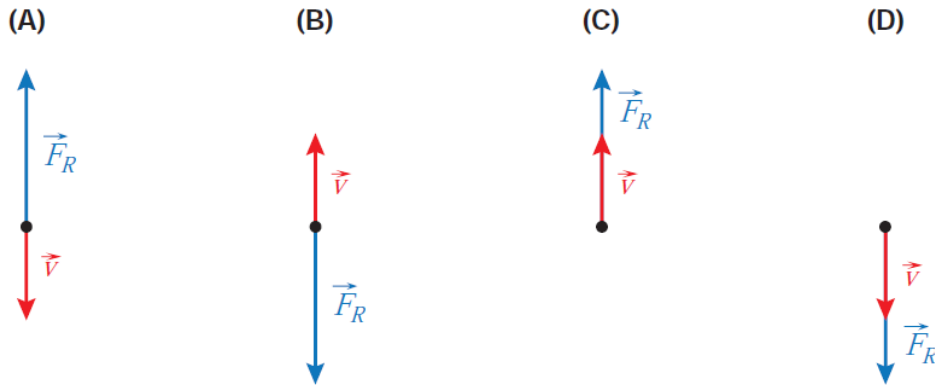
(C)



(D)



- * 2.2. Qual das opções pode representar a velocidade, $\vec{v}$, do paraquedista e a resultante das forças, $\vec{F}_R$, que nele atuam no instante $t = 35$ s ?



- * 2.3. O módulo do trabalho, $|W_{\vec{R}_{ar,1}}|$, realizado pela resistência do ar no intervalo de tempo $[20; 30]$ s, é cinco vezes superior ao módulo do trabalho, $|W_{\vec{R}_{ar,2}}|$, realizado pela resistência do ar no intervalo de tempo $[50; 60]$ s.

Comprove a veracidade desta afirmação.

Explicite o seu raciocínio.

3. Um corpo foi abandonado sobre um plano com uma dada inclinação, α , de acordo com a Figura 4 (que não está à escala).

Admita que o corpo pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

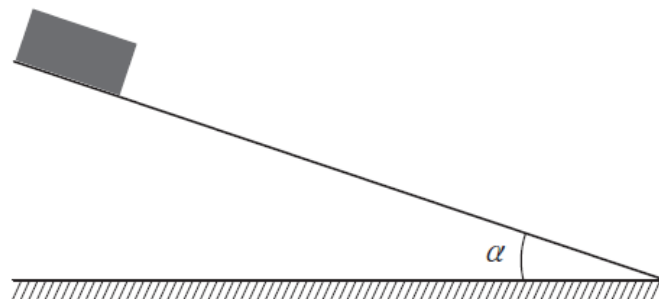


Figura 4

- * 3.2. Na ausência de forças dissipativas, a expressão que permite calcular a inclinação do plano é

- (A) $\sin \alpha = \frac{g}{a}$
 (B) $\cos \alpha = \frac{a}{g}$
 (C) $\sin \alpha = \frac{a}{g}$
 (D) $\cos \alpha = \frac{g}{a}$

5. Muitos satélites movimentam-se em órbitas aproximadamente circulares e estão equipados com painéis fotovoltaicos que produzem a energia necessária ao seu funcionamento.

* 5.2. Considere dois satélites, A e B, que se movem em torno da Terra.

Se o raio da órbita de A for quatro vezes maior do que o raio da órbita de B, a velocidade de A será

- (A) quatro vezes maior do que a velocidade de B.
- (B) quatro vezes menor do que a velocidade de B.
- (C) duas vezes menor do que a velocidade de B.
- (D) duas vezes maior do que a velocidade de B.

Exame Nacional de 2021 - 2.ª Fase

2. A Estação Espacial Internacional (EEI; em inglês, International Space Station – ISS) move-se em torno da Terra, numa órbita aproximadamente circular.

Admita que a região em que a EEI se move pode ser considerada como vácuo.

* 2.1. A EEI orbita a uma altitude cerca de 15 vezes inferior ao raio da Terra.

Qual das expressões seguintes traduz corretamente a relação entre o módulo da aceleração da EEI, a_{EEI} , e o módulo da aceleração gravítica à superfície da Terra, g ?

- (A) $a_{EEI} = 0,94 \, g$
- (B) $a_{EEI} = 0,88 \, g$
- (C) $a_{EEI} = 6,7 \times 10^{-2} \, g$
- (D) $a_{EEI} = 4,4 \times 10^{-3} \, g$

- 2.2. As paredes da EEI são revestidas por uma superfície refletora e são constituídas por materiais de baixa condutividade térmica.

A estação dispõe ainda de um sistema de controlo de temperatura que permite regular a transferência de energia para o espaço.

* 2.2.1. A superfície refletora permite _____ a absorção da radiação solar, e a transferência de energia da estação para o espaço ocorre, essencialmente, por _____.

- (A) minimizar ... radiação
- (B) maximizar ... radiação
- (C) minimizar ... condução
- (D) maximizar ... condução

* 2.2.2. O período orbital da EEI é 1,5 horas.

Admita que, numa dada zona da EEI:

- para manter a temperatura do ar, é necessário que a potência transferida para o espaço seja, em média, 30 kW por cada órbita;
- a massa de ar nessa zona é $1,1 \times 10^3 \text{ kg}$, e a capacidade térmica mássica do ar é $7,2 \times 10^2 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

Devido a uma avaria, verificou-se que a temperatura do ar naquela zona aumentou $17 \text{ }^\circ\text{C}$, no intervalo de tempo que a EEI leva a descrever uma órbita.

Calcule a percentagem da energia absorvida pelo ar existente naquela zona da EEI, em relação à energia que deveria ter sido transferida para o espaço.

Apresente todos os cálculos efetuados.

4. Um corpo sobre um plano inclinado, abandonado de uma altura h , acaba por parar após percorrer uma distância d num plano horizontal.

Na Figura 1 (que não está à escala), está esquematizado o percurso do corpo entre a posição inicial (posição A) e a posição final (posição C).

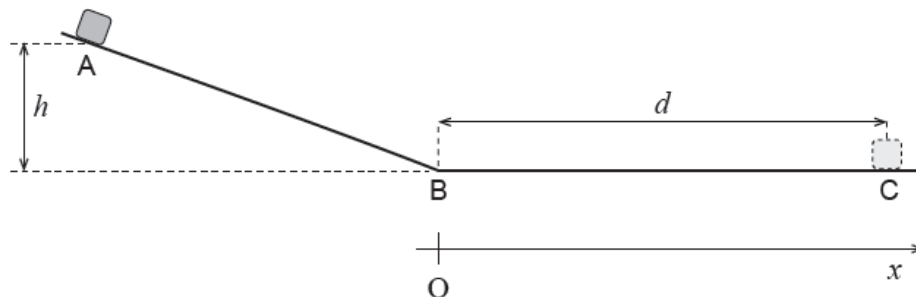


Figura 1

Considere o referencial Ox , representado na figura, e admita que:

- o corpo pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material);
- no plano inclinado, as forças de atrito que atuam no corpo são desprezáveis;
- no plano horizontal, a resultante das forças que atuam no corpo é constante.

- * 4.2. Numa experiência, o corpo foi abandonado de cinco alturas diferentes, sobre o plano inclinado, tendo percorrido, para cada uma das alturas, uma determinada distância no plano horizontal.

A tabela apresenta, para cada uma das alturas, h , das quais o corpo foi abandonado, a distância, d , que o corpo percorreu no plano horizontal até parar.

Determine a componente escalar da aceleração, a_x , do corpo, em relação ao referencial Ox considerado, no seu movimento no plano horizontal.

Na resposta:

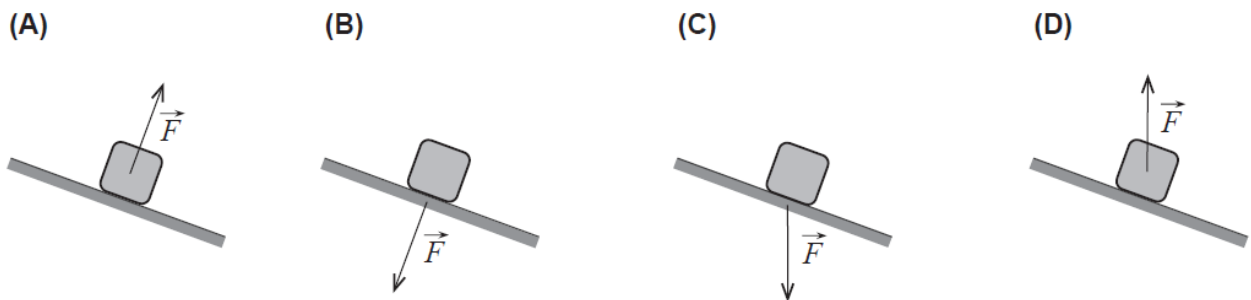
- deduz a expressão que mostre que d varia linearmente com h ;
- apresente a equação da reta de ajuste a um gráfico adequado;
- calcule o valor solicitado com dois algarismos significativos, a partir da equação da reta de ajuste.

h / m	d / m
0,060	0,231
0,100	0,377
0,140	0,559
0,180	0,712
0,220	0,887

Apresente todos os cálculos efetuados.

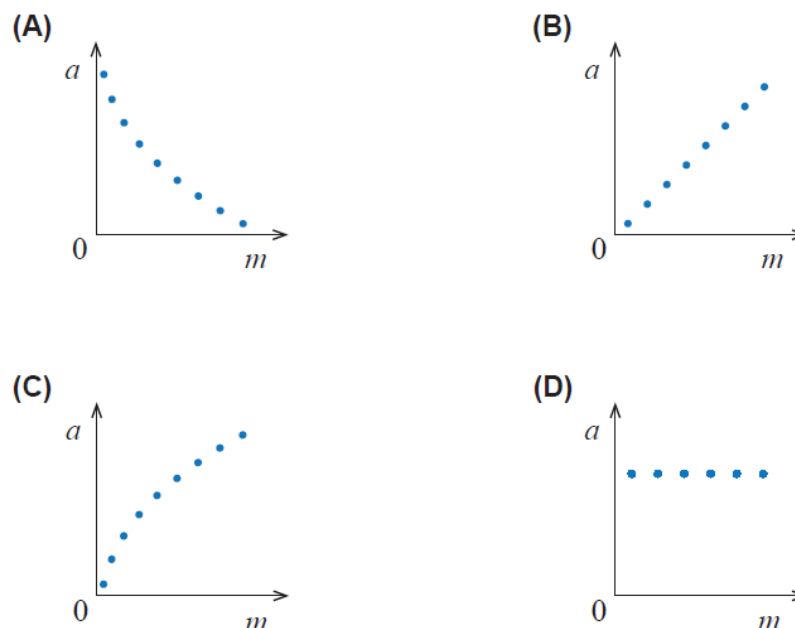
6. Considere um corpo que desce ao longo de um plano inclinado, em condições tais que as forças dissipativas são desprezáveis.

- 6.2. Em qual dos esquemas seguintes está representada a força, $\vec{F}$, que o corpo exerce no plano inclinado?



- 6.3. Considere que o corpo desce várias vezes o plano inclinado, com sobrecargas de massas sucessivamente maiores.

Qual dos esboços de gráfico seguintes pode traduzir o módulo da aceleração, a , do conjunto *corpo + sobrecarga* em função da respetiva massa, m ?



Exame Nacional de 2021 - 1.ª Fase

3. Em 1849, Hippolyte Fizeau mediu a velocidade da luz no ar com base na experiência esquematizada na Figura 3 (que não está à escala). Nessa experiência, um feixe de luz passava numa ranhura, na periferia de uma roda dentada, e era, a seguir, refletido num espelho colocado a uma distância de 8,63 km da roda.

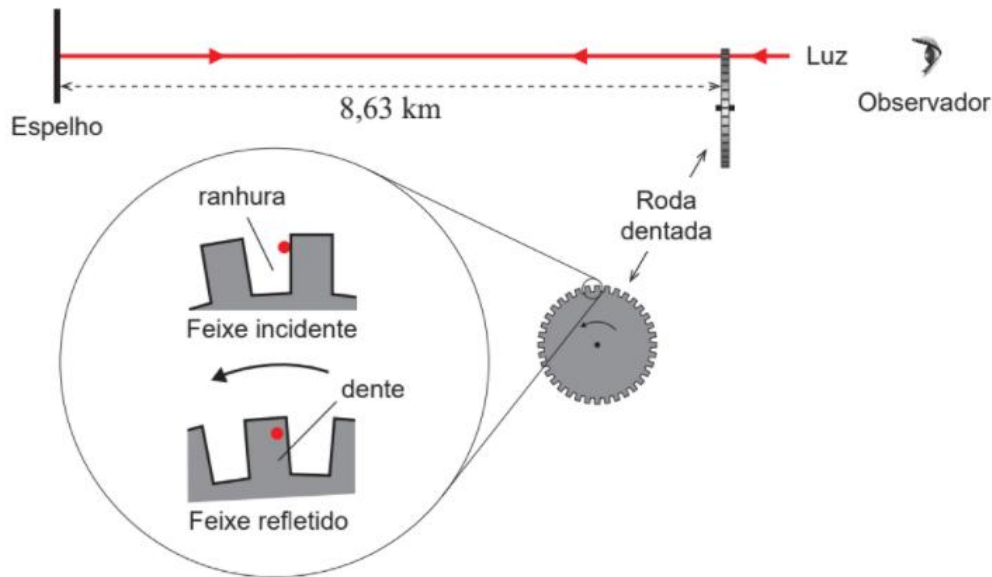


Figura 3

Com a roda parada, o feixe refletido no espelho voltava a passar na mesma ranhura.

Com a roda a girar com uma frequência de 12,6 Hz, o feixe refletido no espelho não voltava a passar pela ranhura, incidindo no dente imediatamente a seguir, deixando de ser detetado pelo observador. Nestas condições, a roda descrevia um ângulo de $0,250^\circ$ desde o instante em que o feixe incidente passava pela ranhura até ao instante em que o feixe refletido incidia no dente.

- * 3.1. Determine a velocidade da luz no ar, tal como é obtida a partir da experiência descrita.

Apresente todos os cálculos efetuados.

- * 3.2. Considere a roda dentada a girar e dois pontos da roda a diferentes distâncias do centro.

Os módulos das velocidades desses pontos são _____ e os módulos das suas velocidades angulares são _____.

- (A) iguais ... iguais
- (B) iguais ... diferentes
- (C) diferentes ... iguais
- (D) diferentes ... diferentes

9. Na Figura 4 (que não está à escala), representa-se parte do percurso de um corpo que foi lançado da posição A, no instante $t = 0,0$ s, passando pela posição B, ao fim de $1,0$ s, e atingindo a posição C, no instante $t = 1,5$ s.



Figura 4

Considere que o corpo pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

Na Figura 5, apresenta-se o gráfico do módulo da velocidade, v , do corpo em função do tempo, t .

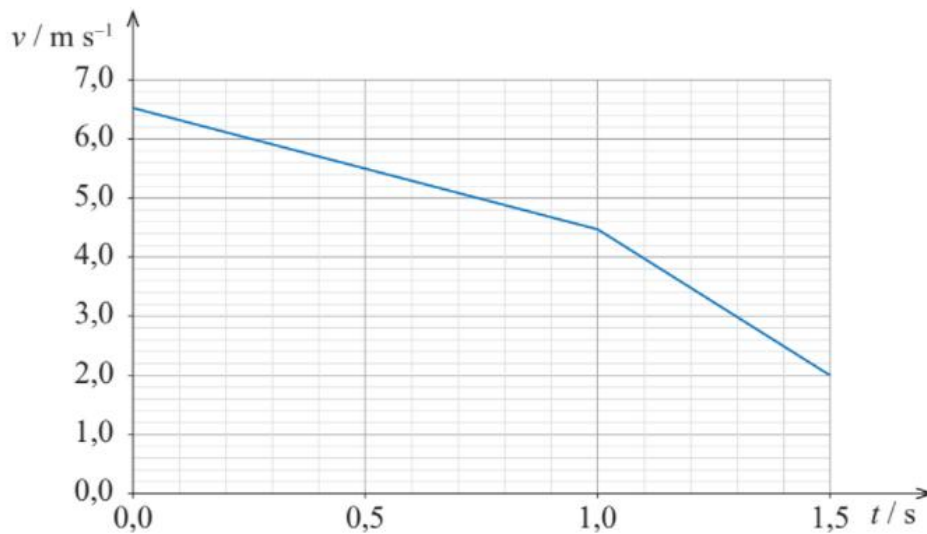
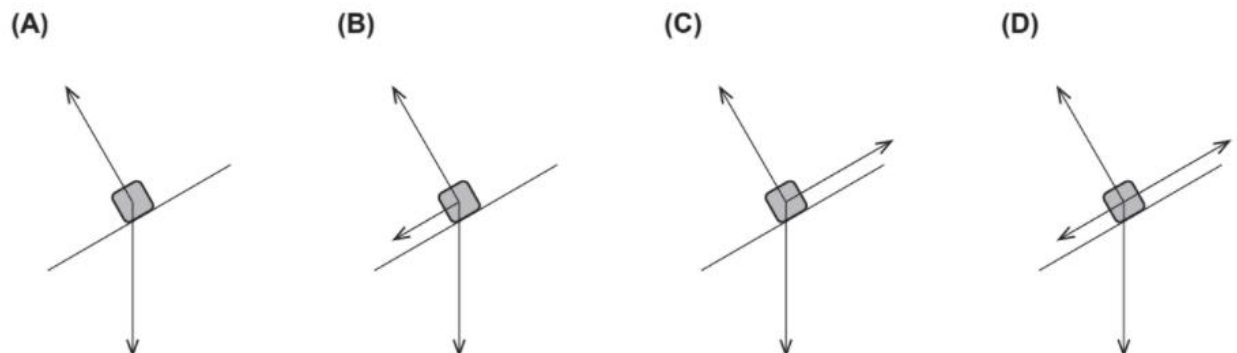


Figura 5

- 9.1. Qual é a distância entre as posições A e B?

(A) 5,5 m (B) 4,5 m (C) 6,5 m (D) 7,5 m

- * 9.2. Qual dos diagramas pode representar, numa mesma escala, as forças que atuam no corpo, na subida da rampa, entre as posições B e C?



Exame Nacional de 2020 - Época Especial

GRUPO I

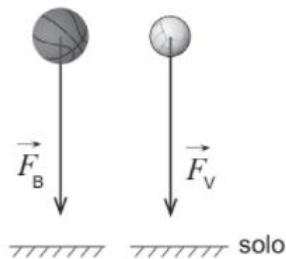
Lançaram-se verticalmente, de baixo para cima, uma bola de basquetebol, B, e uma bola de voleibol, V, sendo a massa da bola B superior à massa da bola V. Os lançamentos foram repetidos, alterando-se as condições iniciais.

Considere desprezável a resistência do ar e considere que as bolas podem ser representadas pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

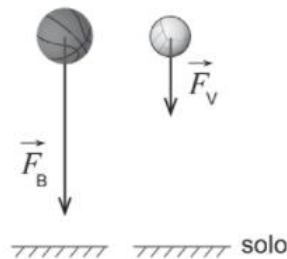
1. Considere o movimento de subida das bolas, após o lançamento.

Qual das opções pode representar, à mesma escala, a resultante das forças que atuam na bola de basquetebol, $\vec{F}_B$, e a resultante das forças que atuam na bola de voleibol, $\vec{F}_V$?

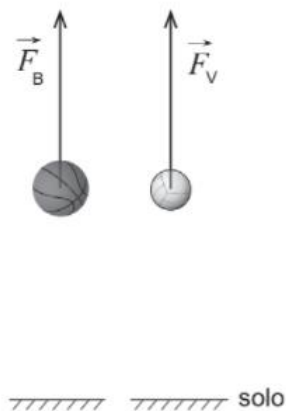
(A)



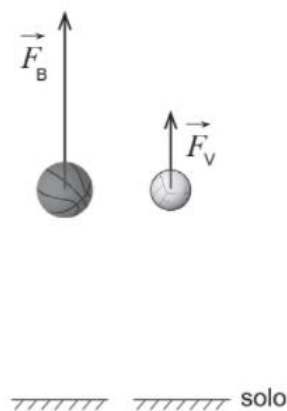
(B)



(C)



(D)



3. Num dos lançamentos efetuados, as duas bolas foram lançadas em simultâneo, tendo-se registado, em vídeo, o seu movimento. A análise desse vídeo permitiu determinar que, desde que as bolas foram lançadas até terem atingido o solo, as componentes escalares das suas posições, y_B e y_V , em relação a um referencial vertical Oy , variaram com o tempo, t , de acordo com as equações

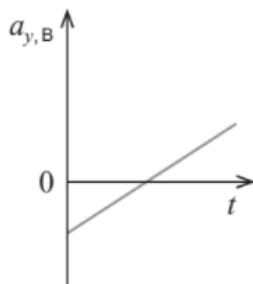
$$y_B = 0,57 + 5,44t - 4,88t^2 \quad (\text{SI})$$

$$y_V = 1,93 + 3,61t - 4,89t^2 \quad (\text{SI})$$

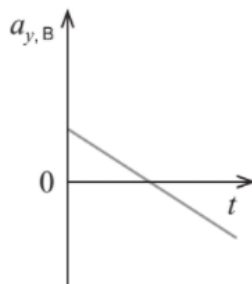
- 3.1. Considere a componente escalar da aceleração da bola de basquetebol, $a_{y,B}$, em relação ao referencial Oy .

Qual dos esboços de gráfico seguintes pode representar a componente escalar da aceleração da bola de basquetebol, $a_{y,B}$, em função do tempo, t ?

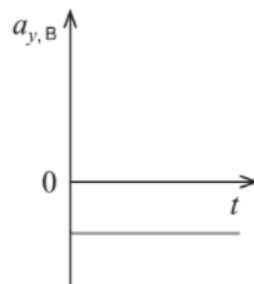
(A)



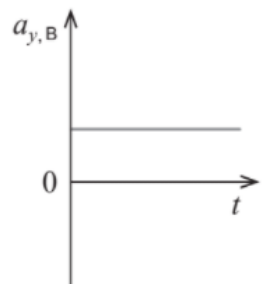
(B)



(C)



(D)



- 3.2. Determine, utilizando exclusivamente as potencialidades gráficas da calculadora, a componente escalar da velocidade da bola de voleibol, $v_{y,V}$, em relação ao referencial Oy , no instante em que as duas bolas têm a mesma componente escalar da posição, y .

Mostre como chegou ao valor solicitado.

GRUPO II

Um automóvel encontrava-se estacionado no cimo de uma rampa, como se representa na Figura 1 (que não está à escala), quando, acidentalmente, se destravou. Deslizou ao longo da rampa, com aceleração constante, até colidir com um motociclo que se encontrava parado.

Considere que, no movimento considerado, a resultante das forças dissipativas que atuaram no automóvel não foi desprezável, e considere que o automóvel pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

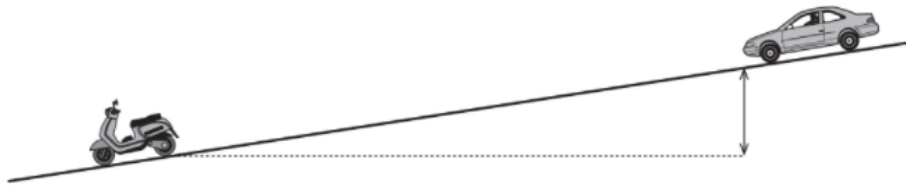


Figura 1

1. Considere a força $\vec{F}$ que constitui um par ação-reação com a força normal exercida pela rampa no automóvel. A força $\vec{F}$ está aplicada _____, sendo a sua intensidade _____ intensidade da força gravítica que atua no automóvel.

- (A) na rampa ... menor do que a (B) na rampa ... igual à
(C) no automóvel ... menor do que a (D) no automóvel ... igual à

2. Para uma mesma distância percorrida sobre a rampa, o trabalho realizado pela força gravítica que atua no automóvel

- (A) não depende da inclinação da rampa, mas depende da massa do automóvel.
(B) não depende da inclinação da rampa nem da massa do automóvel.
(C) depende da inclinação da rampa e da massa do automóvel.
(D) depende da inclinação da rampa, mas não depende da massa do automóvel.

4. O automóvel, de massa $1,2 \times 10^3$ kg, deslizou 80 m ao longo da rampa até colidir com o motociclo. A análise do acidente permitiu determinar que o módulo da velocidade do automóvel no instante da colisão era $7,5 \text{ m s}^{-1}$.

Considere que o desnível entre as posições inicial e final do automóvel era 7,0 m.

- 4.1. Determine o tempo que o automóvel demorou a percorrer aquela distância sobre a rampa, a partir de um esboço do gráfico do módulo da velocidade do automóvel em função do tempo (apresente esse esboço).

Mostre como chegou ao valor solicitado.

GRUPO IV

Io, Europa, Ganimedes e Calisto são satélites de Júpiter que foram descobertos por Galileu, no início do século XVII.

Considere o movimento de translação destes satélites em torno de Júpiter e admita que as órbitas por eles descritas são aproximadamente circulares.

1. A aceleração de um satélite no seu movimento de translação em torno de Júpiter

- (A) depende do raio da órbita e da massa do satélite.
- (B) depende do raio da órbita, mas não depende da massa do satélite.
- (C) não depende do raio da órbita nem da massa do satélite.
- (D) não depende do raio da órbita, mas depende da massa do satélite.

2. A massa de Júpiter pode ser determinada a partir de uma relação entre os períodos de translação, T , dos seus satélites e os raios, r , das órbitas por estes descritas, verificando-se que T^2 varia linearmente com r^3 .

Na tabela seguinte, apresentam-se os valores de r^3 e de T^2 dos satélites de Júpiter descobertos por Galileu.

Satélites	r^3 / m^3	T^2 / s^2
Io	$7,50 \times 10^{25}$	$2,34 \times 10^{10}$
Europa	$30,2 \times 10^{25}$	$9,41 \times 10^{10}$
Ganimedes	123×10^{25}	$38,2 \times 10^{10}$
Calisto	667×10^{25}	208×10^{10}

Determine a massa de Júpiter.

Na resposta:

- deduza a expressão de T^2 em função de r^3 , a partir da segunda lei de Newton e da lei da gravitação universal;
- apresente a equação da reta de ajuste ao gráfico de T^2 em função de r^3 (despreze a ordenada na origem);
- calcule o valor solicitado.

Explicite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

GRUPO I

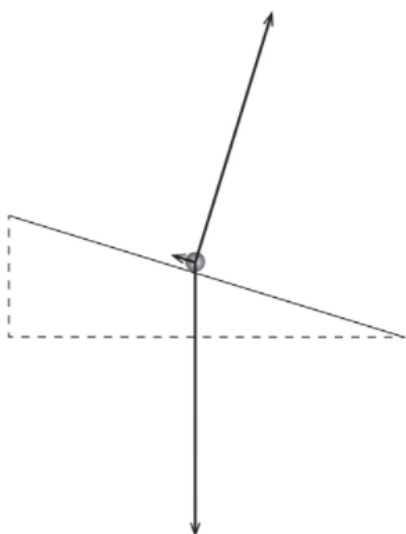
Recriando uma das famosas experiências realizadas por Galileu, estudou-se o movimento de translação de uma esfera largada sobre um plano inclinado.

Considere que a esfera pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

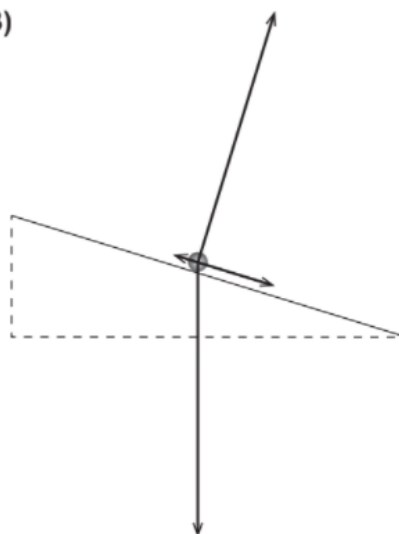
Admita que, em cada ensaio realizado, o módulo da velocidade da esfera aumentou proporcionalmente com o tempo decorrido e que a resultante das forças de atrito que atuaram na esfera não foi desprezável.

1. Qual dos diagramas pode representar, na mesma escala, as forças que atuam na esfera durante a descida no plano inclinado?

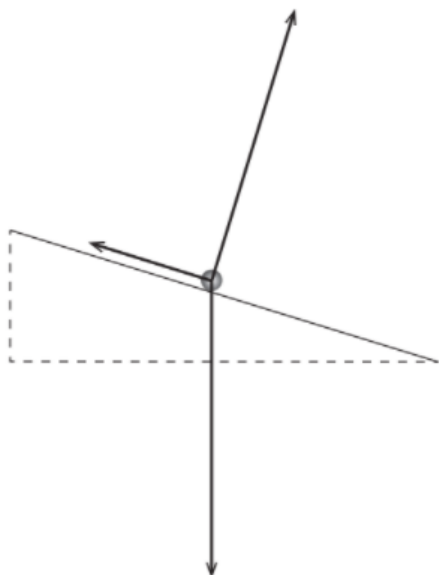
(A)



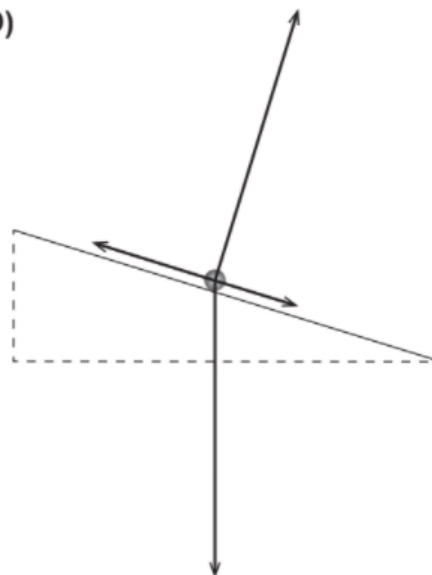
(B)



(C)



(D)



2. Na recriação da experiência de Galileu, foi utilizado um plano inclinado, de comprimento L , que está esquematizado na Figura 1.

Em dois dos ensaios realizados, a esfera foi largada de duas posições diferentes, A e B, tendo-se medido o tempo que a esfera demorou a atingir a posição C.

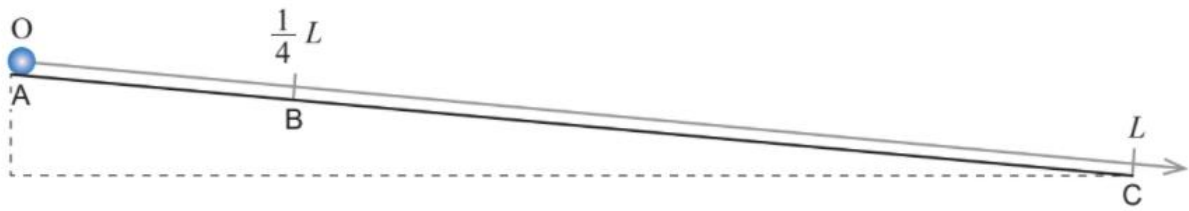


Figura 1

- 2.2. Considere que t_A e t_B são os tempos que a esfera demora a atingir a posição C quando é largada das posições A e B, respetivamente.

Determine o quociente desses tempos.

Mostre como chegou ao valor solicitado.

3. Os tempos de descida da esfera sobre o plano inclinado foram medidos indiretamente a partir dos volumes de água vertidos por uma bureta. Assim, em cada ensaio realizado, abriu-se a torneira da bureta no instante em que a esfera foi largada sobre o plano inclinado e fechou-se a torneira da bureta no instante em que a esfera atingiu a base do plano.

- 3.2. Considere que, nos ensaios realizados, a bureta vertia, aproximadamente, $1,6 \text{ cm}^3$ de água em cada segundo.

A massa volúmica da água, nas condições em que foram realizados esses ensaios, é $1,0 \text{ g cm}^{-3}$.

- 3.2.2. Na tabela seguinte, estão registadas as distâncias, d , percorridas pela esfera, largada de diferentes posições sobre o plano inclinado, e os volumes, V , de água vertidos até a esfera atingir a base do plano.

d / m	V / cm^3
3,00	5,60
2,50	5,00
2,00	4,55
1,50	3,90
1,00	3,20

Determine o módulo da aceleração da esfera, em m s^{-2} , a partir da equação da reta de ajuste a um gráfico adequado.

Na resposta:

- apresente uma tabela com os valores a utilizar na construção do gráfico, identificando as variáveis consideradas;
- apresente a equação da reta de ajuste a esse gráfico;
- calcule o valor solicitado.

Explicita o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

GRUPO II

1. Na Figura 3, apresentam-se os gráficos do módulo da velocidade, v , de duas gotas de água, A e B, de diferentes diâmetros, em queda vertical, em função da distância, d , percorrida pelas gotas.

Considere que as gotas de água podem ser representadas pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

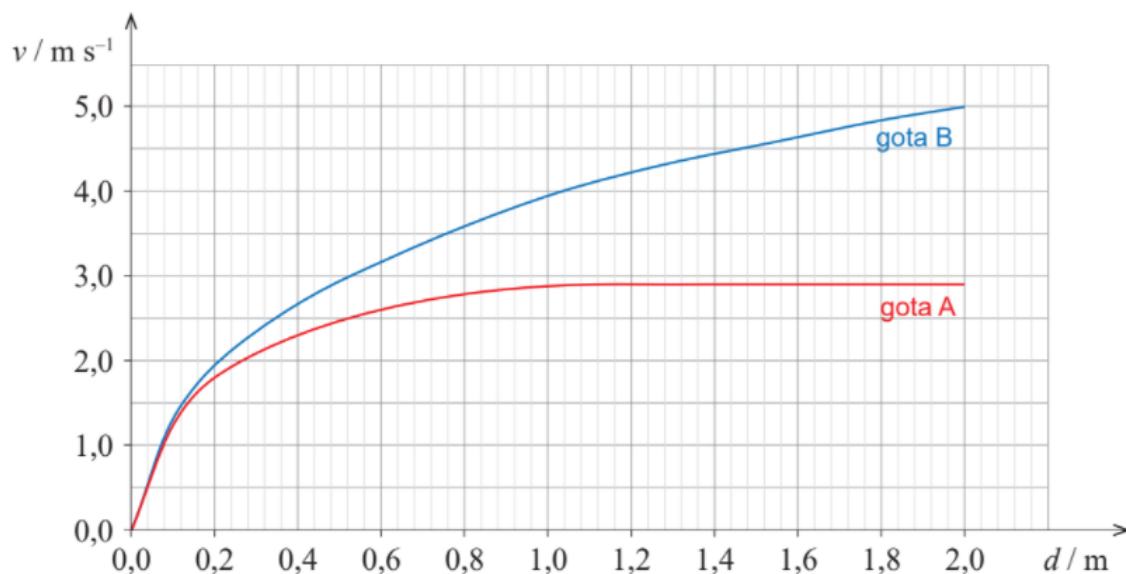


Figura 3

- 1.1. Considere o deslocamento total de 2,0 m da gota A.

Sejam $\vec{F}_g$ e $\vec{F}_{ar}$ as forças gravítica e de resistência do ar, respetivamente, que atuam na gota A.

O trabalho realizado por $\vec{F}_g$ é _____ variação da energia potencial gravítica do sistema gota A + Terra e é, em módulo, _____ do que o trabalho realizado por $\vec{F}_{ar}$.

- (A) simétrico da ... menor
 (B) igual à ... menor
 (C) simétrico da ... maior
 (D) igual à ... maior

- 1.2. Conclua se a intensidade da resultante das forças que atuam na gota A é maior nos primeiros 0,1 m ou nos últimos 0,1 m da queda a que se refere o gráfico da Figura 3.

Mostre como chegou à conclusão solicitada.

Exame Nacional de 2019 - Época Especial

GRUPO III

1. Na Figura 5 (que não se encontra à escala), está representado um carrinho de brincar, de massa m , que é largado da posição A, sobre um plano inclinado. O carrinho desce esse plano, passa nas posições B e C e inverte o sentido do movimento na posição D.

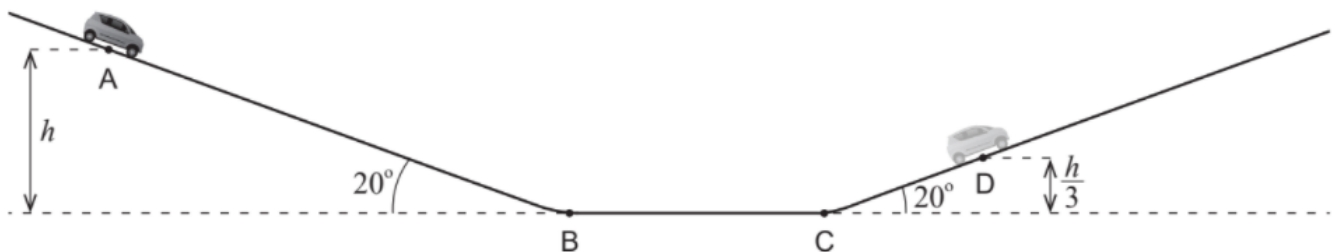


Figura 5

Admita que a intensidade da resultante das forças dissipativas que atuam no carrinho se mantém constante nos percursos entre as posições A e B e entre as posições C e D.

Entre as posições B e C, as forças dissipativas que atuam no carrinho são desprezáveis.

Considere que o carrinho pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

- 1.4. Considere o movimento do carrinho na descida do plano inclinado, a partir da posição A. Se a altura h for 40 cm, o carrinho atingirá a posição B com velocidade de módulo $2,0 \text{ m s}^{-1}$.

Considere um referencial Ox coincidente com a trajetória do carrinho, com origem na posição A e com o sentido do movimento.

Determine a componente escalar da aceleração, a_x , do carrinho, segundo o eixo Ox , no seu movimento entre as posições A e B.

Utilize as equações do movimento $x(t)$ e $v(t)$.

Apresente todas as etapas de resolução, explicitando todos os cálculos efetuados.

2. Galileu idealizou uma experiência na qual uma esfera, largada sempre de uma mesma altura h sobre um plano inclinado, subiria, na ausência de forças de atrito, um segundo plano inclinado até à altura da qual tinha sido largada, qualquer que fosse a inclinação θ do segundo plano.

Esta situação está representada na Figura 6.

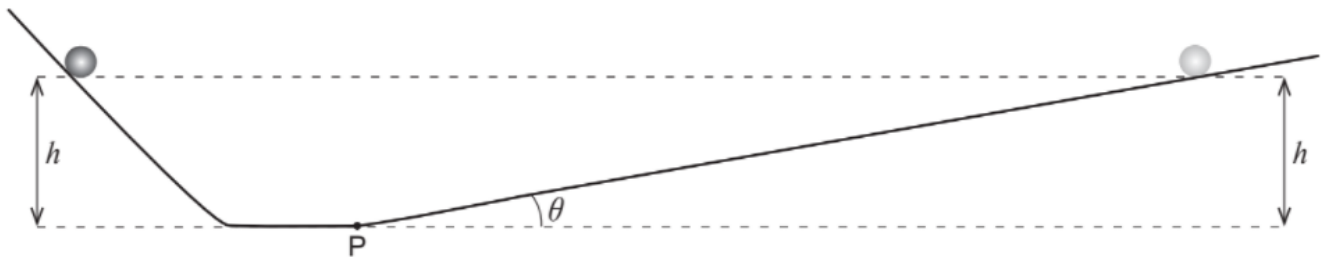


Figura 6

Considere que a esfera pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

- 2.1. Na subida do segundo plano, desde a posição P até à posição de altura h ,

- (A) a resultante das forças que atuam na esfera não depende de θ .
- (B) a soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam na esfera depende de θ .
- (C) o trabalho realizado pela força gravítica que atua na esfera não depende de θ .
- (D) a intensidade da força gravítica que atua na esfera depende de θ .

- 2.2. Que tipo de movimento teria a esfera a partir da posição P, se a amplitude do ângulo θ fosse 0° ?

Exame Nacional de 2019 - 2.ª fase

GRUPO V

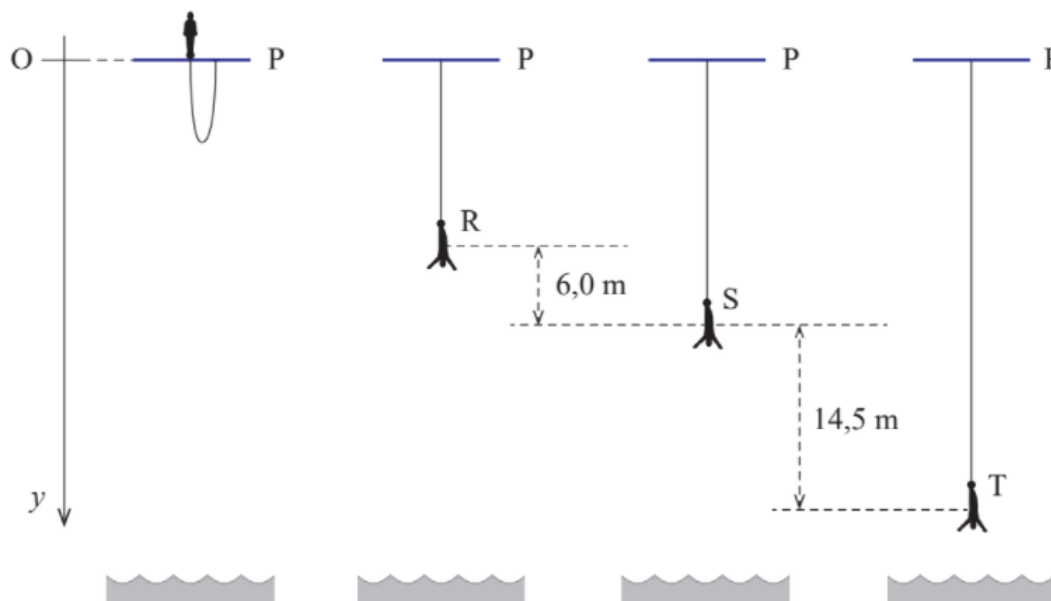
O *bungee jumping* é um desporto radical em que um atleta cai de uma altura apreciável, preso a um cabo elástico que, ao esticar, exerce uma força sobre o atleta.

Na Figura 5 (que não se encontra à escala), estão representadas posições de um atleta de massa 72 kg, que cai a partir da plataforma P.

Admita que o atleta inicia o seu movimento de queda vertical com velocidade inicial nula, caindo livremente até à posição R. A partir da posição R, o cabo elástico começa a esticar, passando a exercer uma força no atleta. Na posição S, o atleta atinge a velocidade máxima, de módulo $18,7 \text{ m s}^{-1}$, e, na posição T, inverte o sentido do seu movimento.

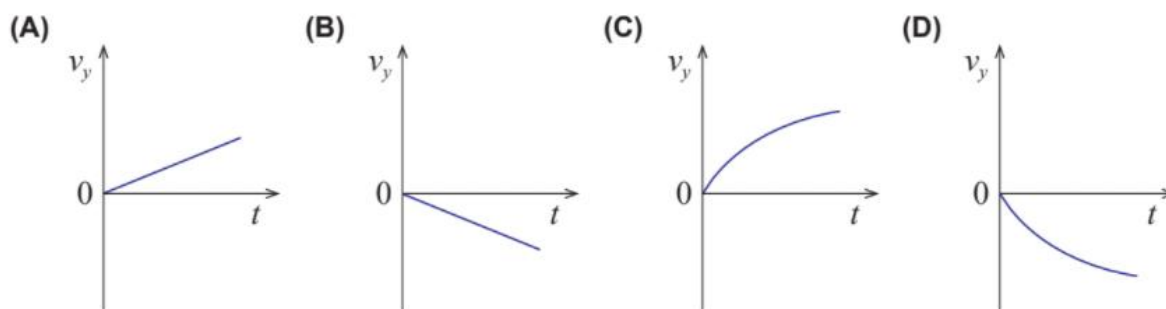
Considere o referencial Oy representado na figura.

Admita que o atleta pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material) e considere desprezáveis a massa do cabo e a força de resistência do ar.



1. Considere o movimento de queda livre do atleta até à posição R.

1.1. Qual dos esboços de gráfico seguintes pode representar a componente escalar da velocidade, v_y , do atleta, segundo o referencial Oy considerado, em função do tempo, t , naquele movimento?



1.2. Naquele movimento, a energia cinética do atleta aumenta proporcionalmente com

- (A) o módulo da velocidade do atleta.
- (B) o módulo da aceleração do atleta.
- (C) a intensidade da força que o cabo exerce no atleta.
- (D) a distância percorrida pelo atleta.

Admita que o atleta atinge a posição R com velocidade de módulo $17,0 \text{ m s}^{-1}$.

3. À medida que o cabo estica, o seu comprimento aumenta, e a intensidade da força que o cabo exerce no atleta, F_{cabo} , também aumenta. Entre a posição R e a posição T, a um aumento do comprimento do cabo de $1,0 \text{ m}$ corresponde, em média, um aumento da intensidade daquela força de 120 N .

Determine a componente escalar da aceleração, a_y , do atleta na posição T, em relação ao referencial Oy considerado.

Apresente todas as etapas de resolução, explicitando todos os cálculos efetuados.

4. Admita que, no intervalo de tempo $[1,7; 3,0]$ s, o módulo da velocidade, v , do atleta varia com o tempo, t , de acordo com a equação

$$v = 18,7 \cos(1,29t - 2,62) \quad (\text{SI})$$

na qual o ângulo (argumento do cosseno) está expresso em radianos.

Determine entre que instantes a aceleração tem o sentido do movimento.

Na sua resposta, apresente o esboço do gráfico (obtido na calculadora) que traduz o módulo da velocidade, v , do atleta em função do tempo, t , no intervalo de tempo $[1,7; 3,0]$ s.

Mostre como chegou aos valores solicitados.

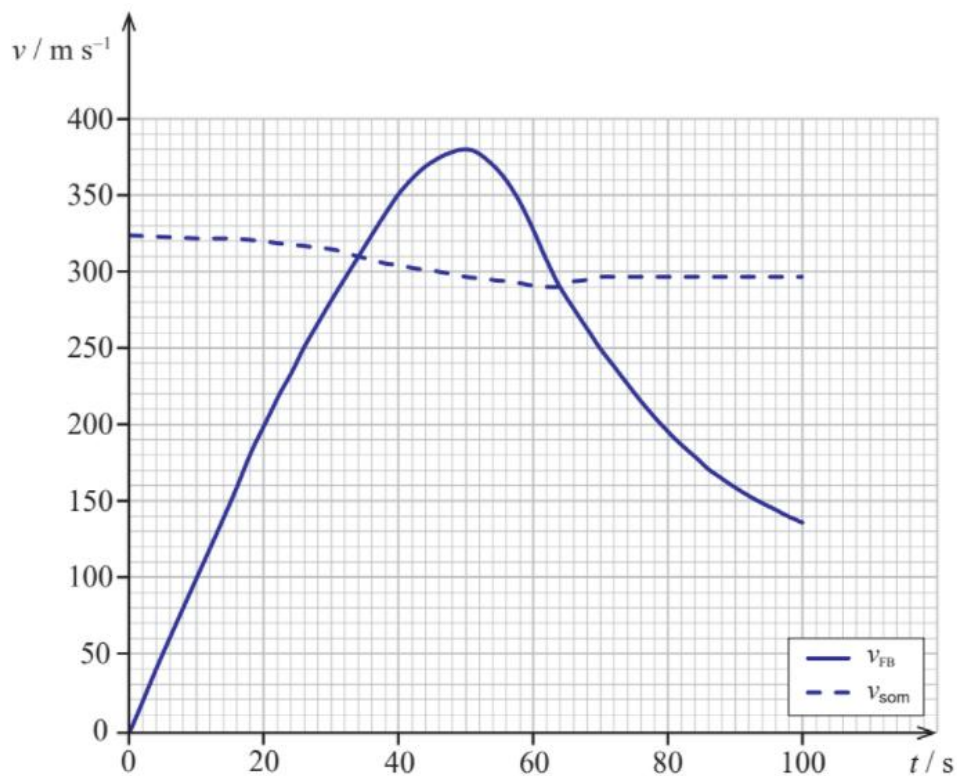
Exame Nacional de 2019 - 1.ª fase

GRUPO VI

3. No salto que realizou desde a estratosfera até à Terra, Felix Baumgartner (FB) foi o primeiro homem a quebrar a barreira do som sem qualquer veículo propulsor.

Considere que a queda de FB em direção à Terra foi aproximadamente vertical.

Na Figura 5, apresentam-se, para os primeiros 100 s de queda, os gráficos do módulo da velocidade, v_{FB} , e da altitude, h , de FB, em função do tempo, t . Na figura, está também representada uma linha a tracejado, que traduz o modo como variou o módulo da velocidade do som, v_{som} , ao longo da trajetória percorrida, durante aquele intervalo de tempo.



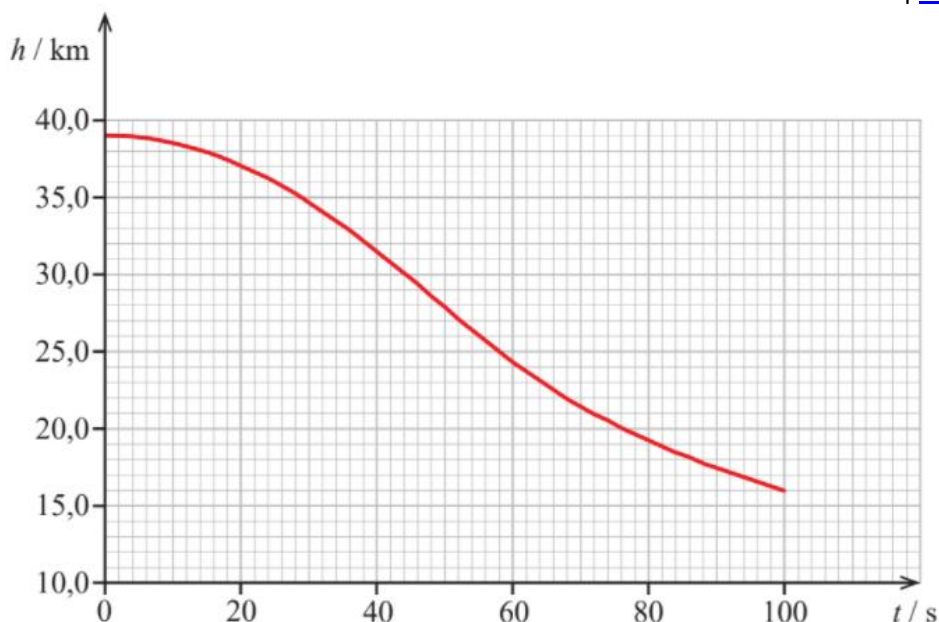


Figura 5

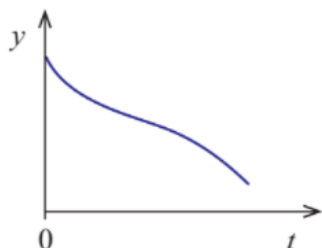
Considere que o conjunto *FB + equipamento* pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material) e que a variação da aceleração gravítica com a altitude é desprezável.

- 3.1. Qual foi o sentido da resultante das forças que atuaram sobre o conjunto *FB + equipamento*, nos primeiros 40 s de queda?
- 3.2. Qual foi, aproximadamente, a distância percorrida pelo conjunto *FB + equipamento*, no intervalo de tempo em que o módulo da sua velocidade aumentou?
- (A) 19 km (B) 11 km (C) 23 km (D) 28 km
- 3.3. No intervalo de tempo $[50, 60]$ s, o módulo da aceleração do conjunto *FB + equipamento* _____, e a intensidade da resultante das forças que nele atuaram _____.
- (A) aumentou ... aumentou (B) aumentou ... diminuiu
(C) diminuiu ... diminuiu (D) diminuiu ... aumentou

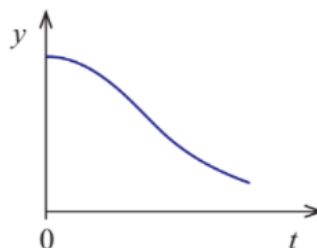
3.5. Considere um referencial unidimensional Oy vertical, com sentido de cima para baixo.

Qual dos esboços de gráfico seguintes poderá representar a componente escalar da posição, y , do conjunto *FB + equipamento*, em relação ao referencial Oy , em função do tempo, t , nos primeiros 100 s de queda?

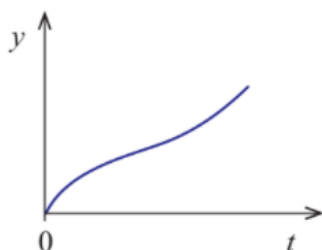
(A)



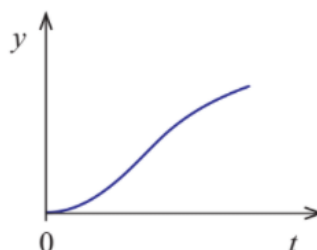
(B)



(C)



(D)



Exame Nacional de 2018 - Época Especial GRUPO I

1. Um carrinho telecomandado, de massa 400 g, move-se numa pista retilínea, coincidente com um referencial unidimensional, Ox .

Admita que o carrinho pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

Na Figura 1, encontra-se representado o gráfico da componente escalar da velocidade, v_x , desse carrinho, segundo o referencial Ox considerado, em função do tempo, t .

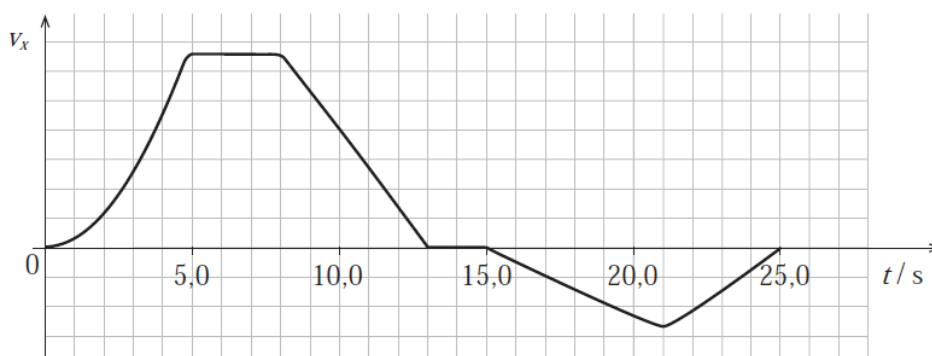


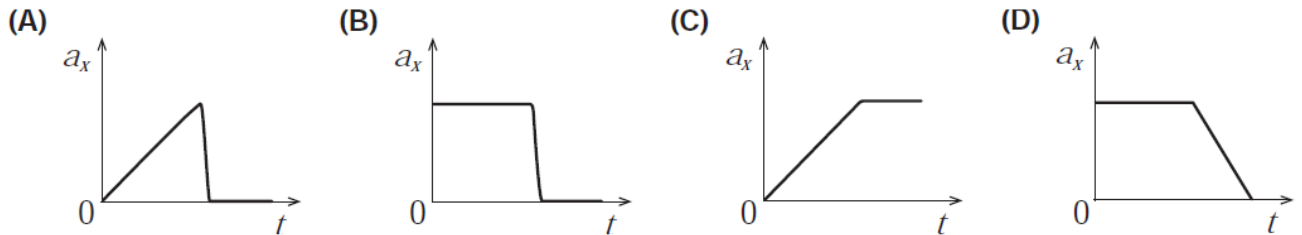
Figura 1

- 1.1. Em que intervalo de tempo esteve o carrinho parado?

1.2. Durante _____, no total, o carrinho moveu-se no sentido _____ do referencial Ox considerado.

- (A) 9,0 s ... positivo
- (B) 11,0 s ... negativo
- (C) 6,0 s ... negativo
- (D) 13,0 s ... positivo

1.3. Qual dos esboços de gráfico seguintes pode representar a componente escalar da aceleração, a_x , do carrinho, segundo o referencial Ox , em função do tempo, t , no intervalo de tempo $[0,0; 8,0]$ s?



1.4. No intervalo de tempo $[8,0; 13,0]$ s, o carrinho percorreu 3,2 m.

Calcule, sem recorrer a conceitos energéticos, a intensidade da resultante das forças que atuam no carrinho, nesse intervalo de tempo.

Apresente todas as etapas de resolução.

Exame Nacional de 2018 - 2.ª fase

GRUPO I

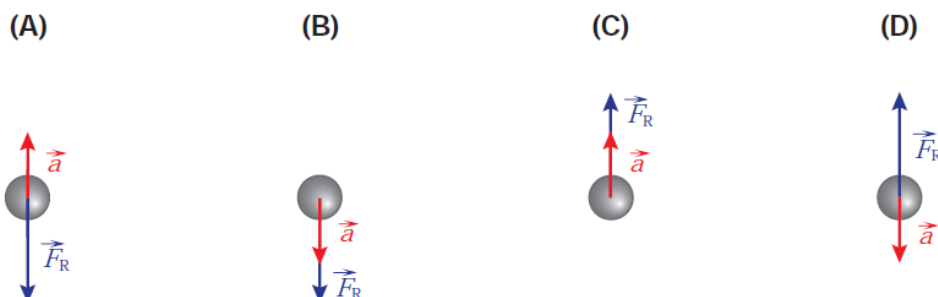
1. Uma bola é lançada verticalmente para cima, numa situação em que a resistência do ar é desprezável.

Considere que a bola pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

Em relação a um referencial unidimensional, Oy , com origem no solo e sentido positivo de baixo para cima, a componente escalar da posição, y , da bola é descrita pela equação

$$y = 1,20 + 6,0t - 5,0t^2 \quad (\text{SI})$$

1.1. Qual das opções pode representar a aceleração, $\vec{a}$, da bola e a resultante das forças, $\vec{F}_R$, que nela atuam durante a subida?



1.2. Calcule a distância percorrida pela bola desde que é lançada até atingir a posição de altura máxima.

Recorra exclusivamente às equações do movimento, $y(t)$ e $v(t)$.

Apresente todas as etapas de resolução.

2. Uma bola, de massa 58,0 g, atada a uma corda, descreve trajetórias circulares, de raio 22 cm, num plano horizontal. Verifica-se que a bola descreve 20 voltas completas em 8,1 s, com velocidade de módulo constante.

Considere que a bola pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

Determine a intensidade da resultante das forças que atuam na bola, no movimento considerado.

Apresente todas as etapas de resolução.

Exame Nacional de 2018 - 1.ª fase

GRUPO II

1. Uma esfera, largada de uma certa altura, cai verticalmente até atingir o solo.

Na Figura 2, apresenta-se um esboço do gráfico do módulo da velocidade, v , dessa esfera, em função do tempo, t , desde o instante em que a esfera é largada até atingir o solo.

Considere que a esfera pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

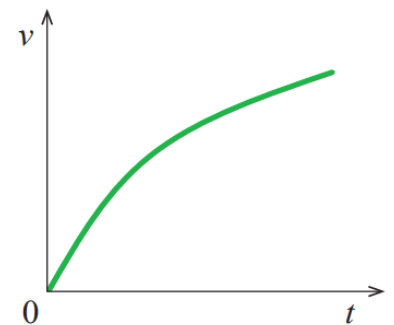


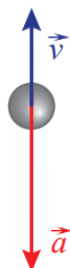
Figura 2

1.1. Qual das opções pode representar a velocidade, $\vec{v}$, e a aceleração, $\vec{a}$, da esfera, num dado instante, durante a queda?

(A)



(B)



(C)



(D)



2. Uma outra esfera é largada de uma altura de 50 m.

Considere que a esfera pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material) e considere o solo como nível de referência da energia potencial gravítica.

2.1. Se a força de resistência do ar que atua na esfera durante a queda for desprezável, qual é, em cada segundo, o aumento do módulo da velocidade da esfera?

2.2. A força de resistência do ar que atua na esfera durante a queda não é, contudo, desprezável.

2.2.1. Se a esfera chegar ao solo com velocidade de módulo 26 m s^{-1} , a fração de energia dissipada na queda será

(A) 0,68

(B) 0,48

(C) 0,32

(D) 0,52

2.2.2. Num dado instante, o módulo da aceleração da esfera é $6,0 \text{ m s}^{-2}$.

Nesse instante, a intensidade da força de resistência do ar que atua na esfera é x % da intensidade da força gravítica que nela atua.

Determine o valor de x .

Apresente todas as etapas de resolução.