

Estuda FQ
Professor Marco Pereira



www.estudafq.pt



96 310 99 94

Exercícios de Exames Nacionais

Física 10.º ano - Unidade I

Exame Nacional de 2025 - Época Especial

1. A navegação marítima é auxiliada por faróis de sinalização na costa.

* 1.1. As lâmpadas dos faróis têm vindo a ser substituídas por lâmpadas LED, que, em relação às lâmpadas anteriores, têm menor potência e menor resistência elétrica para uma mesma intensidade luminosa.

Para o mesmo intervalo de tempo, as lâmpadas LED, comparativamente às lâmpadas anteriores, consomem

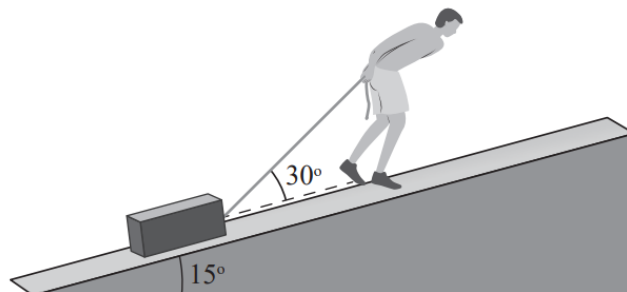
- (A) menos energia e dissipam mais energia por efeito Joule.
- (B) menos energia e dissipam menos energia por efeito Joule.
- (C) mais energia e dissipam menos energia por efeito Joule.
- (D) mais energia e dissipam mais energia por efeito Joule.

* 1.1. (B)

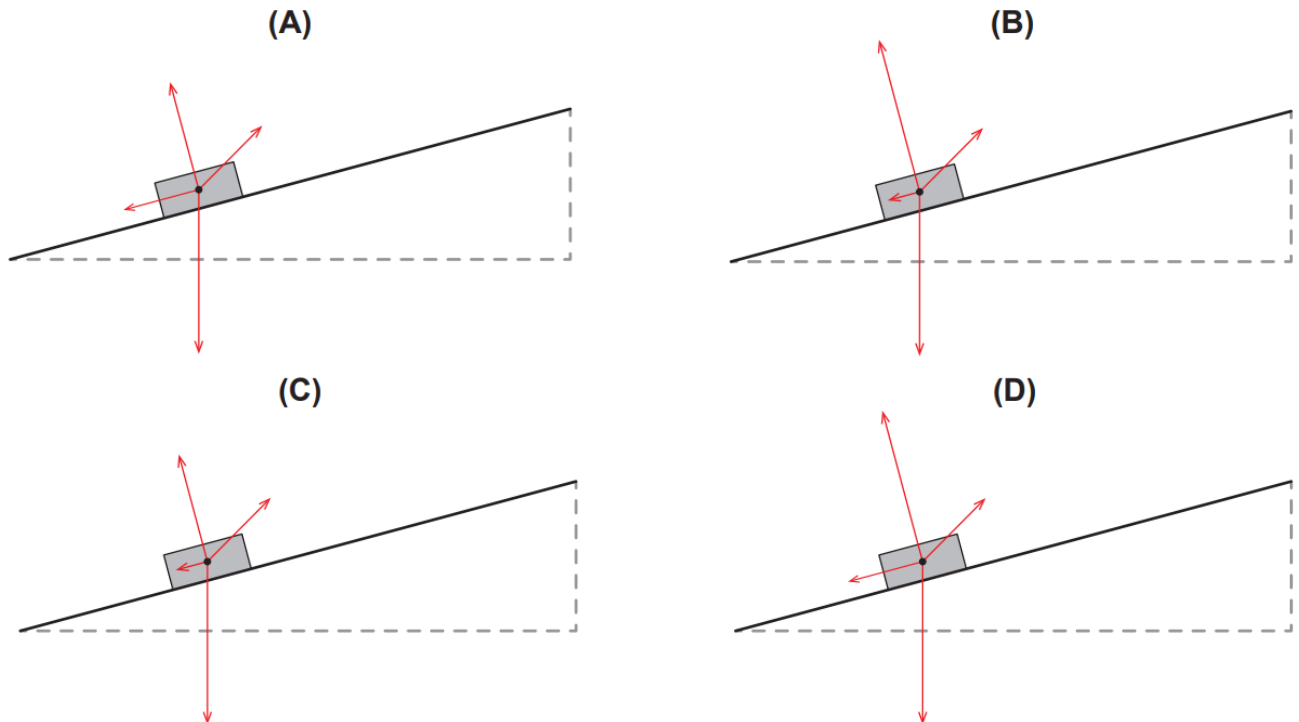
Seja $E = P \Delta t$ e $P = R I^2$. Deste modo, os LED possuem menor a resistência elétrica e menor potência, pelo que menor será a potência dissipada. Simultaneamente, para o mesmo intervalo de tempo, pela potência ser inferior, as lâmpadas consomem menos energia.

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.



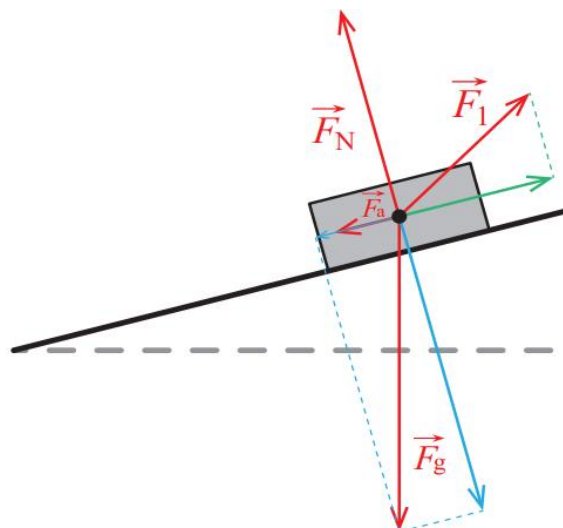
2.1. Qual dos diagramas pode representar, na mesma escala, as forças que atuam na caixa, admitindo que esta sobe a rampa com velocidade constante?



2.1. (C)

Neste item, devemos ter em consideração a atuação de diferentes forças: a força gravítica, $\vec{F}_g$, a força que a pessoa exerce no bloco, $\vec{F}_1$, a força normal, $\vec{F}_N$, e a resultante das forças de atrito, $\vec{F}_a$.

Deste modo, para que a velocidade seja constante, a componente de $\vec{F}_1$ tangencial ao movimento da caixa deverá possuir a mesma intensidade que a da resultante das forças contrárias ao movimento da caixa, que é igual à soma da resultante das forças de atrito e a componente da força gravítica tangencial ao deslocamento da caixa. A Figura 1 ilustra o esquema das forças e as suas componentes.



Observemos que, pela imagem da opção correta da prova, a força normal possui intensidade inferior à intensidade da componente da força gravítica perpendicular à rampa. Isso acontece porque, como a força $\vec{F}_1$ está inclinada em relação à rampa, a resultante das forças que a caixa exerce na rampa será inferior, pois é contrária à componente da força $\vec{F}_1$ perpendicular à rampa, que têm sentidos opostos, fazendo com que a força normal seja inferior à componente da força gravítica perpendicular à rampa, ou seja, $F_N < F_{p_y}$.

2.2. Se o transporte da caixa for feito por ação de uma força $\vec{F}_2$, com a mesma intensidade de $\vec{F}_1$, mas com uma direção paralela à rampa, a energia transferida para a caixa pela força $\vec{F}_2$, comparativamente à força $\vec{F}_1$, no mesmo deslocamento, é

- (A) menor, pois o ângulo entre a força $\vec{F}_2$ e o deslocamento é maior.
- (B) maior, pois o ângulo entre a força $\vec{F}_2$ e o deslocamento é maior.
- (C) menor, pois o ângulo entre a força $\vec{F}_2$ e o deslocamento é menor.
- (D) maior, pois o ângulo entre a força $\vec{F}_2$ e o deslocamento é menor.

2.2. (D)

A resposta a este item já é autoexplicativa. A componente de $\vec{F}_1$ paralela ao deslocamento do bloco é inferior a $\vec{F}_1$, justamente por ser uma componente desta força, pelo que se a intensidade da força $\vec{F}_2$ for a mesma que $\vec{F}_1$, a força $\vec{F}_2$ terá maior energia transferida à caixa, por estar exatamente na mesma direção que o deslocamento da caixa.

*** 2.3.** Num dado momento da subida, a corda parte-se, e a caixa, de massa 50,0 kg, inicia um movimento descendente. A caixa passa numa posição **A** com velocidade de módulo 1,00 m s⁻¹ e percorre 100 m até uma posição **B**, onde passa com velocidade de módulo 4,00 m s⁻¹.

Considere que a inclinação da rampa e a força de atrito são constantes entre os pontos **A** e **B** da rampa.

Determine, a partir de considerações energéticas, a razão entre a intensidade da força de atrito e a intensidade do peso da caixa, $\frac{F_a}{P}$.

Apresente todos os cálculos efetuados.

*** 2.3.**

- Cálculo da variação de energia cinética entre os pontos **A** e **B** (375,0 J)

Sabe-se que $W_{F_R} = \Delta E_c$, pelo que a variação da energia cinética é

$$\frac{1}{2} \times 50,0 \times (4,00^2 - 1,00^2) = 375,0 \text{ J}$$

- Cálculo da intensidade da força de atrito ($1,231 \times 10^2 \text{ N}$)

Deste modo, tem-se que $\Delta E_c = W_{F_p} - W_{F_a}$. A partir da Figura 1, observa-se que o peso e o trabalho do peso serão dados por

$$P_x = \sin(15^\circ) \times P \Leftrightarrow P_x = \sin(15^\circ) \times (50,0 \times 9,80) \Leftrightarrow P_x = 1,268 \times 10^2 \text{ N}$$

$$\text{Assim, } W_{P_x} = (1,268 \times 10^2) \times 100 \times \cos 0^\circ \Leftrightarrow W_{P_x} = 1,268 \times 10^4 \text{ J}$$

Deste modo, e sabendo que o trabalho da força de atrito é negativo por ser contrário ao movimento,

$$W_{F_a} = -(1,268 \times 10^4 - 375,0) \Leftrightarrow W_{F_a} = -1,231 \times 10^4 \Rightarrow F_a = \frac{-1,231 \times 10^4}{100 \times \cos 180^\circ} \Leftrightarrow F_a = 1,231 \times 10^2 \text{ N}$$

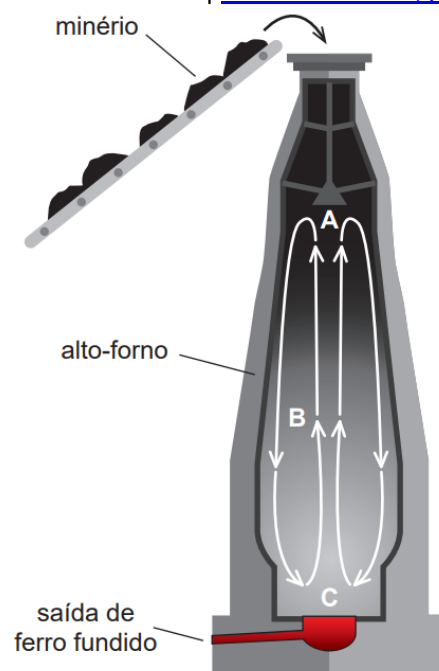
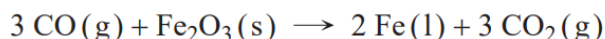
- Cálculo da razão entre a intensidade da força de atrito e a intensidade do peso da caixa (0,251)

$$\frac{1,231 \times 10^2}{50,0 \times 9,80} = 0,251$$

5. Os artefactos de ferro são fabricados desde a Antiguidade, sendo frequente encontrá-los em naufrágios de diferentes épocas.

Atualmente, a maior parte do ferro é obtida a partir de minério contendo elevada percentagem de trióxido de ferro, $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s})$, num alto-forno, tal como representado na Figura 3.

As reações químicas que ocorrem no alto-forno podem ser traduzidas, de forma simplificada, por



- * 5.1. Complete o texto seguinte, seleccionando a opção correta para cada espaço.

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

A reação química apresentada é uma reação de ____ **a)** ____ . Nessa reação, a substância que apresenta ligações metálicas é representada por ____ **b)** ____ .

Tendo em conta as correntes de convecção, representadas no interior do forno, o ar que está a uma temperatura superior situa-se na zona ____ **c)** ____ .

O ferro fundido obtido escorre para o exterior do forno, onde solidifica. Durante este processo de mudança de fase, e enquanto a temperatura se mantém constante, a energia interna do ferro ____ **d)** ____ .

a)	b)	c)	d)
1. oxidação-redução	1. Fe_2O_3	1. A	1. diminui
2. ácido-base	2. Fe	2. B	2. mantém-se
3. precipitação	3. CO_2	3. C	3. aumenta

- * 5.1. (a) – (1); (b) – (2); (c) – (3); (d) – (1).

(a) – observe que o número de oxidação do ferro passou de um valor positivo para zero, sendo esta, portanto, uma reação de oxidação-redução.

(b) – uma ligação metálica é feita entre metais, pelo que a única opção que representa isso é entre os átomos de ferro, Fe.

(c) – o ar mais quente situa-se mais superiormente e o ar mais frio inferiormente. Deste modo, a posição A representa a posição onde se encontra o ar quente.

(d) – a energia interna é dada por $E_i = E_p + E_c$, pelo que a mudança do estado físico do ferro permite uma manutenção da energia cinética, mas diminuição da energia potencial, levando à diminuição da energia interna do ferro.

7. Uma das fases do processo de conservação de artefactos de ferro consiste em colocá-los em óleo mineral. Considere que uma peça de ferro foi mergulhada em óleo mineral que se encontrava a uma temperatura superior à da peça.

* 7.1. Até ser atingido o equilíbrio térmico, há transferência de energia sob a forma de

- (A) calor, do ferro para o óleo mineral.
- (B) trabalho, do ferro para o óleo mineral.
- (C) calor, do óleo mineral para o ferro.
- (D) trabalho, do óleo mineral para o ferro.

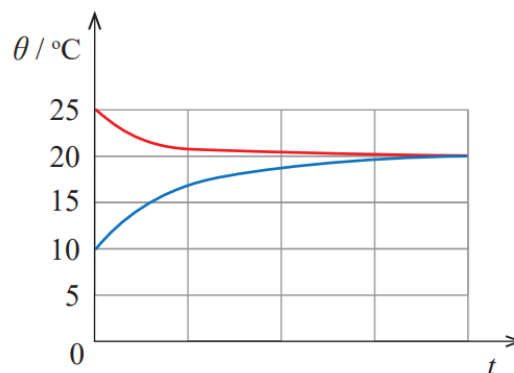
* 7.1. (C)

A variação de energia pode ser por trabalho ou por calor. Como não existe um trabalho associado, como o da força gravítica ou da força resultante devido a uma energia cinética, mas sim o contacto entre o óleo mineral e o artefacto de ferro, houve transferência de energia sob a forma de calor, do óleo mineral para o ferro, já que o óleo mineral está com uma temperatura superior.

* 7.2. A Figura 5 apresenta o gráfico da temperatura, θ , da peça de ferro, de massa 2,25 kg, e do óleo mineral, em função do tempo, t , após serem postos em contacto.

Considere que a capacidade térmica mássica do óleo é $1850 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ e que a capacidade térmica mássica do ferro é $444 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$.

Admita que, até ser atingido o equilíbrio térmico, todas as transferências de energia ocorrem no interior do sistema *ferro + óleo mineral* e que não se registaram mudanças de estado físico.



Determine a massa do óleo mineral.

Apresente todos os cálculos efetuados.

* 7.2.

- Cálculo da energia recebida pela peça de ferro ($9,99 \times 10^3 \text{ J}$)

A partir do enunciado, rapidamente verificamos que possuímos a informação necessária para determinar a energia cedida à peça de ferro. Para além disso, o sistema é isolado, pelo que

$$\Delta U = 0 \Leftrightarrow E_{\text{cedida pelo óleo}} + E_{\text{absorvida pela peça}} = 0$$

$$\text{Assim, } E = m c \Delta \theta \quad E = 2,25 \times 444 \times (20 - 10) = 9,99 \times 10^3 \text{ J}$$

- Cálculo da massa de óleo mineral (1,1 kg)

A partir da expressão da variação da energia interna acima, tem-se

$$E_{\text{cedida pelo óleo}} + 9,99 \times 10^3 = 0 \Leftrightarrow$$

$$E_{\text{cedida pelo óleo}} = -9,99 \times 10^3 \Leftrightarrow m \times 1850 \times (20 - 25) = -9,99 \times 10^3 \Leftrightarrow m = 1,1 \text{ kg}$$

Exame Nacional de 2025 - 2.ª fase

3. Para estudar alguns efeitos que afetam o rendimento de um painel fotovoltaico, montou-se um circuito elétrico constituído por um reóstato, um interruptor e um painel fotovoltaico iluminado por uma lâmpada de incandescência. Neste circuito, utilizaram-se ainda um voltímetro e um amperímetro.

3.1. Mantendo-se fixa a distância entre o painel fotovoltaico e a lâmpada, fez-se variar a resistência do reóstato, obtendo-se valores da diferença de potencial, U , em função da corrente elétrica, I .

* 3.1.1. Considere o visor do voltímetro esquematizado na Figura 5.

Atendendo à incerteza associada à medição, a diferença de potencial deve ser apresentada na forma

- (A) $U = (1,15 \pm 0,05) \text{ V}$
 (B) $U = (1,2 \pm 0,1) \text{ V}$
 (C) $U = (1,25 \pm 0,05) \text{ V}$
 (D) $U = (1,3 \pm 0,1) \text{ V}$

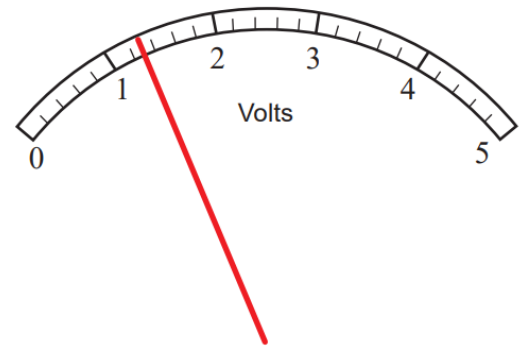
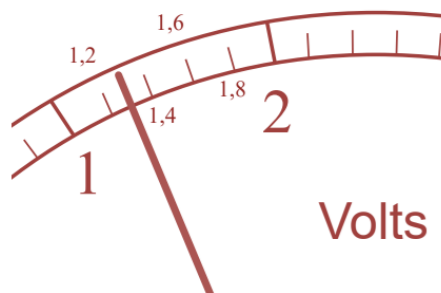


Figura 5

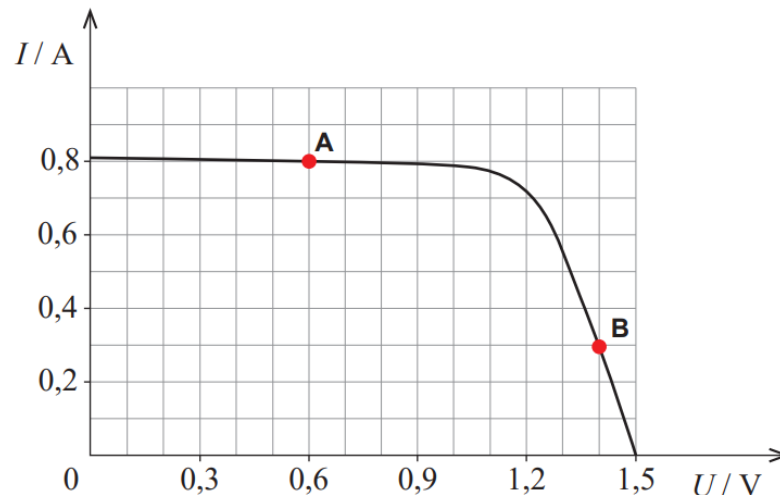
* 3.1.1. Versão 1 – (D);

Cada valor da escala representa um aumento de 0,2 V, visto existirem cinco espaços entre o 1 V e o 2 V, ou seja, o primeiro risco corresponde a 1,2 V. Assim, considerando a incerteza e a posição do indicador, o valor mais correto é 1,3 V.

Como estamos a utilizar um aparelho de medição analógico, devemos utilizar metade da menor escala como incerteza, sendo, portanto, metade de 0,2 V, ou seja, 0,1 V.



3.1.2. A Figura 6 apresenta o gráfico da corrente elétrica, I , em função da diferença de potencial, U , no qual se destacam os pontos **A** e **B**.



Em **B**, comparativamente a **A**, a potência fornecida pelo painel é

- (A) superior, e a resistência do circuito é superior.
- (B) superior, e a resistência do circuito é inferior.
- (C) inferior, e a resistência do circuito é superior.
- (D) inferior, e a resistência do circuito é inferior.

3.1.2. Versão 1 – (C);

$$\text{Seja } P = U I \text{ e } P = \frac{U^2}{R}.$$

$$\text{Em A, tem-se } P = 0,8 \times 0,6 = 0,48 \text{ W e } R = \frac{U^2}{P} = \frac{0,6^2}{0,48} = 0,75 \, \Omega$$

$$\text{Em B, tem-se } P = 1,4 \times 0,3 = 0,42 \text{ W e } R = \frac{1,4^2}{0,42} = 4,7 \, \Omega$$

*** 3.1.3.** 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.

Acerca da potência fornecida pelo painel fotovoltaico, sensível a toda a radiação visível, podemos afirmar que:

- a potência é máxima se o ângulo dos raios luminosos com a normal à superfície do painel for **a)** ;
- ao colocar um filtro vermelho entre a lâmpada e o painel, a potência **b)** ;
- ao duplicar a área do painel, a potência **c)** .

a)	b)	c)
1. 90°	1. diminui	1. mantém-se
2. 45°	2. mantém-se	2. aumenta
3. 0°	3. aumenta	3. diminui

*** 3.1.3.** Versão 1 – (a) – (3); (b) – (1); (c) – (2)

Em (a), a normal já representa o plano 90° em relação ao painel, ou seja, o plano de igual inclinação a um raio luminoso que faz 90° no painel. Assim, os raios luminosos estarão em paralelo à normal, ou seja, 0° .

Em (b), como existe um filtro vermelho, só passa luz vermelha, no visível. O vermelho possui maior frequência, logo menor energia, pois $E = hf$, pelo que a potência diminui.

Em (c), como $E_r = \frac{P}{A} \Leftrightarrow P = E_r \times A$, pelo que quanto maior a área, maior será a potência, visto que a energia irradiada é constante.

*** 3.2.** Num laboratório, realizou-se uma experiência para investigar a relação entre a irradiância (potência da radiação que chega a uma superfície, por unidade de área), E_r , num painel fotovoltaico e a distância, r , do painel a uma lâmpada de incandescência.

Admita que a luz emitida pela lâmpada se espalha por uma superfície esférica, cuja área pode ser calculada por $4\pi r^2$.

A tabela apresenta os dados de E_r e de r medidos e, ainda, a área da superfície esférica de raio r e o seu inverso.

$E_r / \text{W m}^{-2}$	r / m	$4\pi r^2 / \text{m}^2$	$\frac{1}{4\pi r^2} / \text{m}^{-2}$
3,7	0,500	3,14	0,318
9,8	0,320	1,29	0,778
20,3	0,220	0,608	1,64
67,5	0,120	0,181	5,53

Determine a potência da radiação emitida pela lâmpada.

Na sua resposta, comece por apresentar a equação da reta de ajuste a um gráfico adequado.

*** 3.2.**

- Apresentação da equação da reta de ajuste (0,350 V)

Seja $E_r = \frac{P}{A}$, tem-se $E_r = P \frac{1}{A}$.

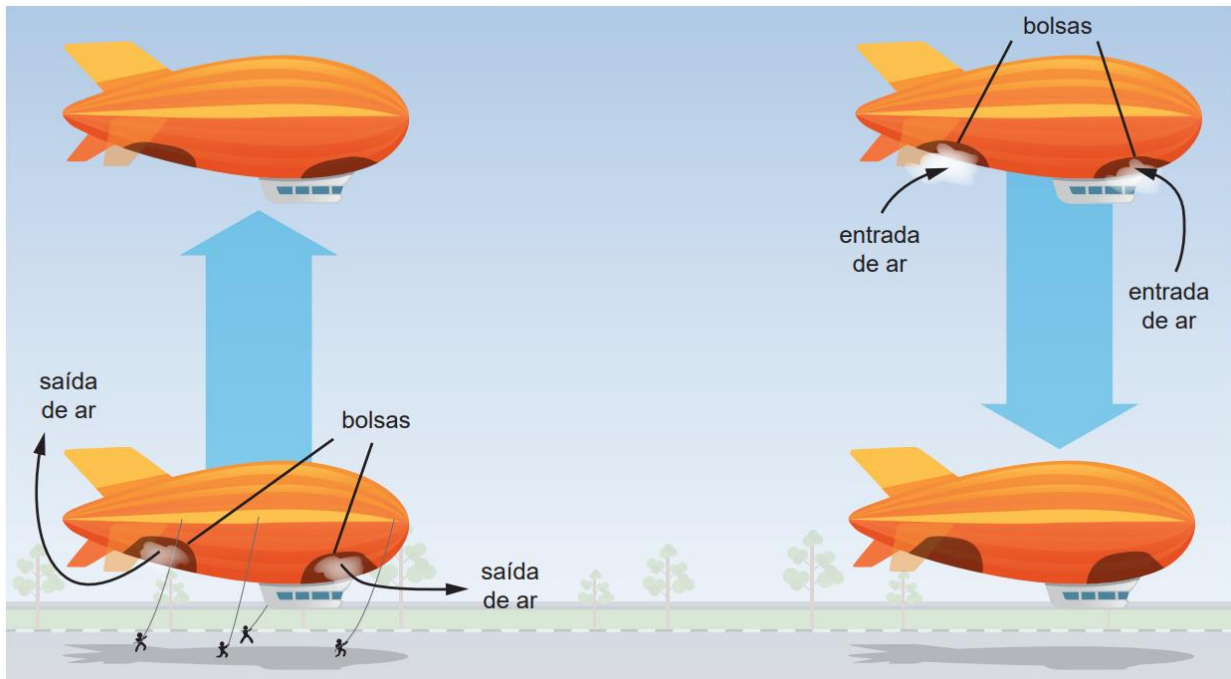
Assim, é possível construir uma tabela onde o y representará E_r e x será $\frac{1}{A}$, obtendo-se

$$y = 12,2x + 0,12 \text{ (SI)}$$

- Determinação da da radiação emitida pela lâmpada (12,2 W)

Assim, o declive será a potência, ou seja, 12,2 W.

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.

5.1.2. O trabalho realizado pela força gravítica que atua no dirigível durante a subida é

- (A) negativo e simétrico da variação da energia potencial gravítica do sistema *dirigível + Terra*.
- (B) positivo e simétrico da variação da energia potencial gravítica do sistema *dirigível + Terra*.
- (C) negativo e igual à variação da energia potencial gravítica do sistema *dirigível + Terra*.
- (D) positivo e igual à variação da energia potencial gravítica do sistema *dirigível + Terra*.

5.1.2. Versão 1 – (A);

Seja $W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_{pg}$. Assim, o trabalho da força gravítica que atua no dirigível durante a subida é negativo e simétrico da variação da energia potencial gravítica do sistema *dirigível + Terra*, justamente porque ele está em subida.

- * 5.3. Considere uma parte do percurso descendente do dirigível em que este tem um movimento vertical, retilíneo e uniforme, sem alteração da sua massa.

Conclua se há, ou não, conservação da energia mecânica do sistema *dirigível + Terra* nessa parte do percurso.

Apresente, sem efetuar cálculos, a fundamentação que lhe permite obter a sua conclusão, redigindo um texto bem estruturado e utilizando linguagem científica adequada.

* 5.3. Elementos de resposta

- a energia cinética do dirigível mantém-se constante, uma vez que a velocidade do dirigível se mantém constante (ou equivalente);
- a energia potencial [gravítica] do sistema [dirigível + Terra] diminui, uma vez que a altura a que o dirigível se encontra está a diminuir (ou equivalente);
- sendo a energia mecânica a soma das energias cinética e potencial [gravítica], conclui-se que não há conservação da energia mecânica do sistema (ou equivalente).

Exemplo de resposta:

A energia cinética do dirigível mantém-se constante, uma vez que a velocidade do dirigível se mantém constante. Por outro lado, a energia potencial gravítica do sistema *dirigível + Terra* diminui, uma vez que a altura a que o dirigível se encontra está a diminuir progressivamente. Deste modo, sendo a energia mecânica a soma das energias cinética e potencial gravítica, conclui-se que não há conservação da energia mecânica do sistema.

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).

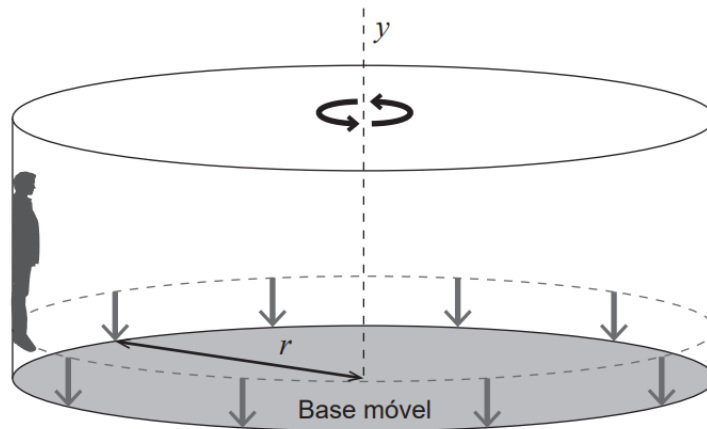


Figura 1

- * 1.1. Enquanto a velocidade angular do cilindro aumenta, mantendo-se o utilizador ainda com os pés sobre a base, a energia potencial gravítica do sistema *utilizador + Terra* _____ e a energia mecânica do sistema *utilizador + Terra* _____ .

(A) aumenta ... aumenta

(B) aumenta ... mantém-se constante

(C) mantém-se constante ... aumenta

(D) mantém-se constante ... mantém-se constante

* 1.1. Versão 1 – (C);

Sabendo que a energia potencial gravítica é dada por mgh , e que o utilizador não se move verticalmente, a energia potencial gravítica do sistema *utilizador + Terra* **mantém-se constante**.

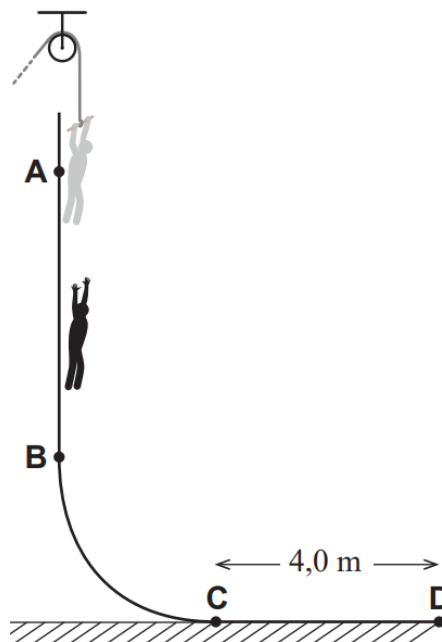
Por outro lado, o módulo interativo possui uma rotação, pelo que existe uma velocidade angular que aumenta progressivamente. Sendo $v = \omega r$ e sabendo que quanto maior a velocidade linear, maior a energia cinética, pelo que a energia mecânica do sistema *utilizador + Terra* **aumenta**.

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.

* 2.1. Versão 1 – (B);

Como o utilizador está em queda livre, atua no utilizador **apenas uma força**, que é a força gravítica.

A partir das equações do movimento, tem-se $y = \frac{1}{2}at^2$, pelo que $t = \sqrt{\frac{2y}{a}}$, ou seja, **o tempo de queda não depende da sua massa**, mas sim da posição final do utilizador e da sua aceleração.

- ★ 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.

- Cálculo da energia mecânica do utilizador na posição **B** ($8,0 \text{ m g}$)

Como o utilizador está em queda livre, há conservação da energia mecânica, pelo que $E_{m_A} = E_{m_B}$.

Assim, a energia mecânica em A é igual a $E_{pg} = m g h = 8,0 \text{ m g}$, que é igual à energia mecânica em B.

- Cálculo da energia mecânica do utilizador na posição **C** ($2,0 \text{ m g}$)

Existem, pelo menos, dois processos de resolução possíveis para a segunda etapa.

1.º Processo – Equações de movimento

Como a posição C encontra-se no solo, há somente energia cinética associada ao utilizador.

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad \text{e} \quad v = v_0 + a t$$

$$4,0 = v_0 t - \frac{1}{2} \times \frac{g}{2} t^2 \quad ; \quad v_0 = -a t \Rightarrow t = \frac{v_0}{\frac{g}{2}} \Leftrightarrow t = \frac{2v_0}{g} \Rightarrow 4,0 = \frac{2v_0^2}{g} - \frac{g}{4} \times \frac{4v_0^2}{g^2} \quad \Leftrightarrow \quad \boxed{g = 9,80 \text{ m s}^{-2}}$$

$$\Leftrightarrow v_0 = 6,26 \text{ m s}^{-1} \Rightarrow E_c = \frac{1}{2} \times m \times 6,26^2 = 19,6 \text{ m} = 2,0 \text{ m g J}$$

2.º Processo – Trabalho da resultante das forças

Nesta etapa, utilizaremos o módulo da aceleração gravítica da $\vec{F}_R$.

$$W_{\vec{F}_R} = \Delta E_c \quad F d \cos \theta = m a d \cos \theta = \Delta E_c \Leftrightarrow m \times \frac{g}{2} \times 4,0 \times \cos 180^\circ = \Delta E_c \Leftrightarrow \Delta E_c = -2,0 \text{ m g J}$$

$$\Rightarrow E_{c_c} = 2,0 \text{ m g J}$$

- Cálculo da percentagem de energia mecânica do utilizador dissipada entre as posições **B** e **C** (75 %)

Assim, foi dissipada uma energia de $6,0 \text{ m g J}$, ou seja, $\frac{6,0 \text{ m g}}{8,0 \text{ m g}} \times 100\% = 75\%$ da E_m inicial.

- 4.2. Sir Humphry Davy demonstrou que dois blocos de gelo fundem quando friccionados um contra o outro, sendo a temperatura da vizinhança igual à dos blocos de gelo.

Considere um intervalo de tempo, logo após o início da fricção, em que ainda não ocorreu perda de massa dos blocos de gelo.

Nesse intervalo de tempo, ocorreu uma transferência de energia sob a forma de _____, e a energia interna dos blocos _____.

- (A) calor ... manteve-se constante
- (B) calor ... aumentou
- (C) trabalho ... manteve-se constante
- (D) trabalho ... aumentou

4.2. Versão 1 – (D);

Seja $\Delta U = W + Q$, ou seja, a variação da energia interna de um sistema poderá ser através do trabalho e/ou do calor.

Como a vizinhança possui a mesma temperatura do que os blocos de gelo, não há perda de energia para o exterior.

Como os gelos fundiram através da fricção entre eles, conclui-se que houve uma transferência de energia entre os blocos sob a forma de **trabalho** (já que não variou por calor por estarem a temperaturas iguais) e a sua energia interna, seguindo a expressão, **aumentou**, por haver trabalho positivo.

Note que a variação de energia interna é dada pela expressão $\Delta U = m c \Delta \theta$, ou seja, a variação positiva da energia interna está associada ao aumento da temperatura dos blocos, e consequentemente à sua fusão, neste caso por trabalho.

- * 5. Com vista à determinação da variação de entalpia mássica de fusão do gelo, adicionaram-se 50,0 g de gelo triturado fundente a 200,0 g de água a 20,0 °C, num recipiente termicamente isolado e a pressão constante.

Após a fusão total do gelo, e atingido o equilíbrio térmico, a temperatura final da mistura foi 0,0 °C.

Considere desprezáveis as transferências de energia do sistema *gelo + água* para o recipiente que o contém.

Determine a variação de entalpia mássica de fusão do gelo em J kg⁻¹.

Apresente todos os cálculos efetuados.

* 5.

Etapas de raciocínio de resolução do item.

- I) Primeiramente, através das informações do enunciado, podemos rapidamente reparar que utilizaremos expressões como $E = m c \Delta \theta$ e $E = m \Delta H$.
- II) De seguida, iremos construir uma ordem cronológica dos eventos que acontecerão neste processo de forma a construirmos a nossa resolução. A Figura 2 ilustra a experiência.

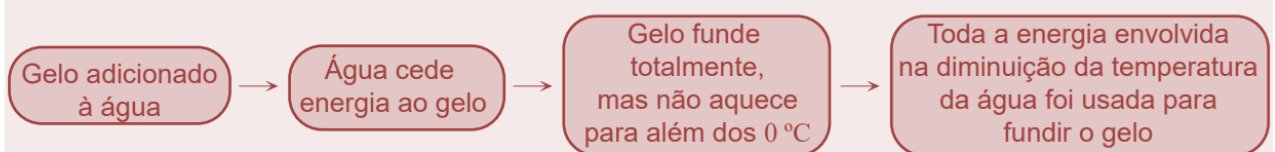


Figura 2

- Cálculo da energia cedida pela água ($1,672 \times 10^4$ J)

Como a temperatura em equilíbrio é de 0,0 °C, e encontramos-nos em um recipiente isolado, significa que a temperatura da amostra de água de 200,0 g foi de 20,0 °C para 0,0 °C, sendo possível descobrir a energia cedida pela amostra.

$$E = m c \Delta \theta \quad E = 0,2000 \times (4,18 \times 10^3) \times (20,0 - 0,0) \Leftrightarrow E = -1,672 \times 10^4 \text{ J}$$

Portanto, foram cedidos $1,672 \times 10^4$ J da água para o gelo (já que a energia cedida é do de maior temperatura para o de menor temperatura).

- Cálculo da variação de entalpia mássica de fusão do gelo ($3,34 \times 10^5$ J kg⁻¹)

$$E = m \Delta H \quad 1,672 \times 10^4 = 0,0500 \times \Delta H \Leftrightarrow \Delta H = 3,34 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$$

7.2. Para verificar se a resistência elétrica de um LED permanece constante, montou-se o circuito elétrico representado na Figura 5, composto por um gerador ideal, G, de diferença de potencial regulável entre 0,0 V e 6,0 V, um LED e uma resistência, R. Estão também representados dois aparelhos de medida: um voltímetro e um amperímetro.

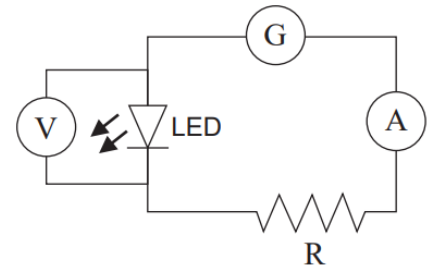


Figura 5

7.2.1. O fabricante recomenda que este LED seja percorrido por uma corrente de 10 mA. Nesta situação, a diferença de potencial aos terminais do LED é 1,7 V.

De modo a respeitar as recomendações para o uso do LED, quando o gerador fornece a diferença de potencial máxima, deve ser utilizada uma resistência, R, de

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

7.2.1. Versão 1 – (C);

Neste exercício, o examinando deve ter grande atenção ao enunciado para quando se diz “quando o gerador fornece a diferença de potencial máxima”, já que esta informação é essencial para a resolução do item, para que seja possível obter a diferença de potencial da resistência.

Sabe-se que, neste circuito, pelos seus elementos estarem em série, a soma da diferença de potencial em cada elemento é igual à diferença de potencial fornecida pelo gerador, ou seja, temos $U_G = U_{LED} + U_R$.

De forma semelhante, pelos elementos do circuito estarem em série, a corrente elétrica é igual para todos os elementos, ou seja, $I_R = I_{LED}$.

Desta forma, podemos associar essas informações, obtendo

$$U_R = U_G - U_{LED} \Leftrightarrow U_R = 6,0 - 1,7 = 4,30 \, \text{V}$$

$$\text{Finalmente, } U = R I \quad 4,30 = R \times (10 \times 10^{-3}) \Leftrightarrow R = 4,3 \times 10^2 \, \Omega$$

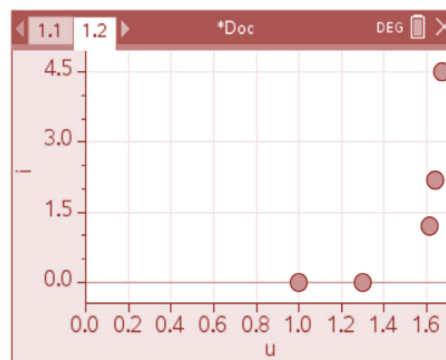
- * **7.2.2.** As medições da diferença de potencial aos terminais do LED, U , e da corrente elétrica, I , que o atravessa apresentam-se na tabela seguinte.

U / V	I / mA
1,00	0,0
1,30	$9,0 \times 10^{-4}$
1,61	1,2
1,64	2,2
1,67	4,5

Verifique se a resistência elétrica do LED permanece constante no intervalo de diferenças de potencial considerado na tabela.

Na sua resposta, apresente o esboço de um gráfico que relacione U com I e justifique a sua conclusão com base nesse esboço.

- * **7.2.2.** Devemos inserir na calculadora gráfica as informações da tabela, obtendo o abaixo.



Desta forma, o esboço do gráfico poderá ser uma das diversas apresentadas abaixo (somente as duas primeiras estão especificadas nos critérios de classificação, mas as outras também foram aceites).



A resistência elétrica do LED não permanece constante, pois no intervalo de diferenças de potencial considerado o gráfico obtido não traduz uma relação linear entre U e I .

Exame Nacional de 2024 - Época Especial

2. O metano, $\text{CH}_4(\text{g})$, tem um potencial de efeito de estufa muito superior ao do dióxido de carbono. Por esse motivo, em aterros sanitários ou em refinarias de petróleo, é preferível realizar a sua combustão, originando a libertação de dióxido de carbono.

A reação de combustão pode ser traduzida por



- * 2.2. A energia libertada na combustão de 40,0 g de $\text{CH}_4(\text{g})$ ($M = 16,05 \text{ g mol}^{-1}$) permitiu aquecer até 35,0 °C uma amostra de água inicialmente a 10,0 °C.

Admita que a combustão foi realizada a pressão constante, com excesso de $\text{O}_2(\text{g})$ e com um rendimento de 100% em todos os processos envolvidos.

Considere as energias de ligação médias apresentadas na tabela seguinte.

Ligação	$E(\text{C} - \text{H})$	$E(\text{C} = \text{O})$	$E(\text{O} = \text{O})$	$E(\text{O} - \text{H})$
$E / \text{kJ mol}^{-1}$	414	799	490	460

Determine a massa da amostra de água que foi aquecida.

Apresente todos os cálculos efetuados.

2.2. $m = 19,1 \text{ kg}$

A energia libertada ou absorvida, quando ocorre uma reação, resulta de um balanço entre a energia absorvida pelo sistema (positiva) para quebrar as ligações dos reagentes e a energia libertada (negativa) na formação das ligações dos produtos.

$$\Delta H = [4 \times E(\text{C} - \text{H}) + 2 \times E(\text{O} = \text{O})] - [2 \times E(\text{C} = \text{O}) + 4 \times E(\text{O} - \text{H})]$$

$$\text{Assim, } \Delta H = (4 \times 414 + 2 \times 490) - (2 \times 799 + 4 \times 460) \Leftrightarrow \Delta H = 2636 - 3438 = -802 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta H < 0 \Rightarrow \text{reação exotérmica}$$

$$\text{Como } n = \frac{m}{M}, \text{ a quantidade de metano que sofreu combustão é } n = \frac{40,0 \text{ g}}{16,05 \text{ g mol}^{-1}} = 2,492 \text{ mol}.$$

Sendo a energia libertada na combustão de 1,00 mol de metano 802 kJ, na combustão de 2,492 mol de metano libertam-se $2,492 \text{ mol} \times 802 \text{ kJ/mol} = 1999 \text{ kJ}$.

Como a energia libertada na combustão do metano permitiu aquecer a amostra de água de 10,0 °C a 35,0 °C, e

$$Q = m \times c \times \Delta T, \text{ vem}$$

$$1999 \times 10^3 \text{ J} = m \times (4,18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}) \times (35,0 - 10,0) \text{ K} \Leftrightarrow m = 19,1 \text{ kg}$$

A massa da amostra de água aquecida foi 19,1 kg.

4. O EM-Bird é um dispositivo usado para medir a espessura do gelo marinho, fornecendo dados que possibilitam a monitorização de um dos efeitos do aquecimento global.

Na Figura 1, que não se encontra à escala, estão representados o EM-Bird, suspenso de um helicóptero que voa horizontalmente, a baixa altitude, as forças nele aplicadas e as distâncias do dispositivo à superfície e à base do gelo, d_1 e d_2 , respetivamente.

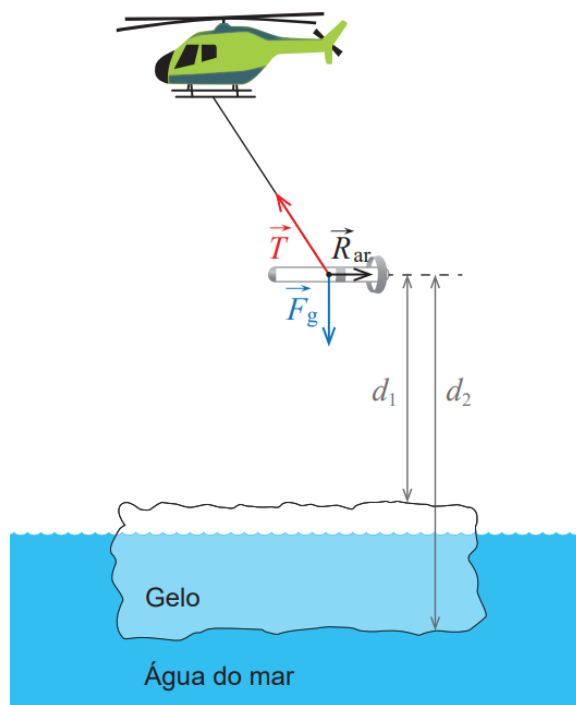


Figura 1

- * 4.1. Considere que, no EM-Bird, atuam três forças constantes: a força gravítica, $\vec{F}_g$, a tensão exercida pelo cabo, $\vec{T}$, e a resistência do ar, $\vec{R}_{ar}$.

No deslocamento horizontal do EM-Bird, realiza(m) trabalho nulo a(s) força(s)

- (A) $\vec{F}_g$ e $\vec{R}_{ar}$. (B) $\vec{F}_g$. (C) $\vec{T}$. (D) $\vec{T}$ e $\vec{R}_{ar}$.

4.1. (B)

Na situação apresentada, a única força que realiza trabalho nulo é a força gravítica, pois é a única que tem direção perpendicular ao deslocamento do EM-Bird, pelo que a opção correta é a (B).

- * 4.3. O processo de medição da distância do EM-Bird à base do gelo marinho baseia-se no facto de a água do mar, no estado líquido, ser boa condutora elétrica, ao contrário do que acontece com o gelo e com o ar.

A água do mar conduz a corrente elétrica, por conter _____, apresentando uma resistência elétrica _____.

- (A) eletrões livres ... elevada
- (B) iões em solução ... elevada
- (C) eletrões livres ... baixa
- (D) iões em solução ... baixa

4.3. (D)

Numa solução condutora, os portadores de carga elétrica são iões em solução, o que elimina as opções (A) e (C).

A resistência elétrica mede o grau de dificuldade que a solução oferece à passagem de corrente elétrica. Como a água do mar é boa condutora elétrica, apresenta uma resistência elétrica baixa, o que está de acordo com a opção (D).

6. Os raios são descargas elétricas que ocorrem na atmosfera durante as trovoadas.

- * 6.1. Considere que, quando se estabelece uma diferença de potencial de $3,0 \times 10^7 \text{ V}$ entre uma nuvem e a superfície da Terra, se forma um raio, de potência $1,0 \times 10^{12} \text{ W}$, constituído por eletrões que se deslocam da nuvem para a Terra e que demoram $0,10 \text{ s}$ a atravessar uma dada secção reta da sua superfície.

A carga do eletrão é $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$.

Determine a ordem de grandeza do número de eletrões que atravessam a superfície da Terra nesta descarga elétrica.

Apresente todos os cálculos efetuados.

6.1. 10^{22}

A corrente elétrica, I , estabelecida entre a nuvem e a superfície terrestre, é a quantidade de carga elétrica, Q , que na unidade de tempo atinge a superfície da Terra, e é:

$$I = \frac{Q}{\Delta t}$$

Como a diferença de potencial, U , é:

$$U = \frac{E}{Q} \Leftrightarrow E = UQ \Leftrightarrow E = UI \Delta t$$

sendo a potência elétrica $P = \frac{E}{\Delta t} \Leftrightarrow P = UI$, e a potência elétrica do raio formado igual a $1,0 \times 10^{12} \text{ W}$, tem-se:

$$1,0 \times 10^{12} = 3,0 \times 10^7 I \Leftrightarrow I = 3,33 \times 10^4 \text{ A}$$

Assim, a carga elétrica transportada pelo raio é:

$$Q = 3,33 \times 10^4 \times 0,10 = 3,33 \times 10^3 \text{ C}$$

Como $Q = Nq_e$, em que N representa o número de eletrões que atingem a superfície da Terra e q_e representa a carga do eletrão, vem:

$$3,33 \times 10^3 = N \times 1,6 \times 10^{-19} \Leftrightarrow N = 2,1 \times 10^{22} \text{ eletrões}$$

A ordem de grandeza do número de eletrões é 10^{22} .

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).

- 7.3. Se a gota caísse, da mesma altura, sem resistência do ar, comparativamente à situação real, a sua energia cinética no instante imediatamente anterior a atingir o solo seria

- (A) 680 vezes superior.
- (B) 680 vezes inferior.
- (C) 26 vezes superior.
- (D) 26 vezes inferior.

7.3. (A)

Sendo a resistência do ar uma força dissipativa, se a gota caísse, da mesma altura, na ausência desta força, a energia cinética no instante imediatamente anterior a atingir o solo seria superior em relação ao valor atingido na situação real, o que elimina as opções (B) e (D).

Na situação real, $E_{\text{c real}} = \frac{1}{2} m v_{\text{real}}^2$.

Na situação ideal (resistência do ar desprezável), há conservação de energia mecânica, pelo que

$$E_{\text{pi}} = E_{\text{cf}} \Leftrightarrow m g h_i = E_{\text{cf}}.$$

Assim:

$$\frac{E_{\text{cf}}}{E_{\text{c real}}} = \frac{m g h_i}{\frac{1}{2} m v_{\text{real}}^2} \Leftrightarrow \frac{E_{\text{cf}}}{E_{\text{c real}}} = \frac{2 g h_i}{v_{\text{real}}^2} \Rightarrow \frac{E_{\text{cf}}}{E_{\text{c real}}} = \frac{2 \times 9,8 \times 1700}{7,0^2} = 680$$

A opção correta é a (A).

- * 9.2. Nas tardes quentes de verão, na praia, o ar tem um movimento ascendente sobre a areia e descendente sobre o mar, verificando-se um movimento de ar superficial do mar para a terra – a brisa marítima.

Compare, justificando, as capacidades térmicas mássicas da areia da praia e da água do mar, tendo em consideração o sentido das correntes de convecção estabelecidas.

Considere que a energia absorvida, por unidade de tempo e por unidade de massa, é igual para a areia e para a água do mar.

Apresente um texto bem estruturado e utilize linguagem científica adequada.

- 9.2. Em contacto com a areia, o ar aumenta a sua temperatura, tornando-se menos denso e adquirindo um movimento ascendente.

Dado que a energia absorvida, por unidade de tempo e por unidade de massa, é igual para a areia e para a água do mar, e dado que a temperatura da areia é superior à temperatura da água do mar, então o ar sobre a areia está a uma temperatura superior à temperatura do ar sobre a água do mar, logo a capacidade térmica mássica da areia é inferior à da água do mar ($E = mc\Delta\theta$).

Exame Nacional de 2024 - 2.ª Fase

- 1.3. Os painéis fotovoltaicos do JWST produzem energia elétrica. A potência gerada por estes painéis aumenta com _____ do ângulo entre os raios solares incidentes e a normal ao plano do painel fotovoltaico e é calculada pela expressão _____, em que U representa a diferença de potencial elétrico aos terminais do painel e I representa a corrente elétrica que o atravessa.

- (A) a diminuição ... $U \times I^2$
- (B) a diminuição ... $U \times I$
- (C) o aumento ... $U \times I^2$
- (D) o aumento ... $U \times I$

- 1.3. Versão 1 – (B);

Nos painéis fotovoltaicos, quanto mais perpendicular for a luz incidente em relação ao painel, maior será a potência gerada, pelo que o objetivo é haver menor ângulo entre os raios solares incidentes e a normal ao plano do painel fotovoltaico. A potência rapidamente pode ser lembrada pelo produto de U e I . No entanto, também é possível fazer a sua dedução a partir das expressões do formulário:

$$P = R I^2 = \underbrace{R I}_{U} \times I \Leftrightarrow P = U I$$

3. Suponha que um automóvel com motor de combustão se encontra estacionado e que, num dado momento, o seu sistema de ignição é acionado.

* 3.2. Os elementos principais da bateria de chumbo-ácido, usada no automóvel, são placas de chumbo imersas em ácido sulfúrico.

Na Figura 3, estão representados dois voltímetros e a bateria do automóvel que inclui uma associação de seis células idênticas ligadas em série.

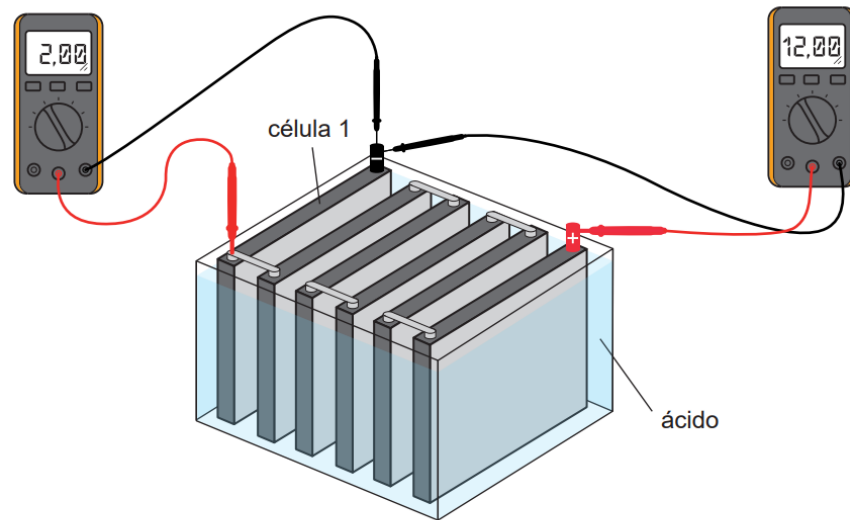


Figura 3

Quando a bateria está desligada, a diferença de potencial elétrico aos seus terminais é 12,00 V, sendo 2,00 V aos terminais de cada célula. Quando o automóvel está em funcionamento, a corrente elétrica gerada pela bateria é 40,0 A, e a diferença de potencial elétrico aos seus terminais é 9,00 V.

Qual é a resistência interna da célula 1?

- (A) $7,50 \times 10^{-2} \Omega$ (B) $6,00 \times 10^{-2} \Omega$
 (C) $3,75 \times 10^{-2} \Omega$ (D) $1,25 \times 10^{-2} \Omega$

* 3.2. Versão 1 – (D);

Seja $U = \varepsilon - rI$, logo, para toda a bateria, $9,00 = 12,00 - r \times 40,0 \Leftrightarrow r = 7,500 \times 10^{-2} \Omega$

Portanto, para uma única célula, divide-se pelo número de células, que é 6, logo, tem-se $1,25 \times 10^{-2} \Omega$

Observe que não iremos simplesmente utilizar o valor de 2,00 V e dividir pela corrente de 40,0 A porque o valor da tensão foi obtido quando a bateria se encontrava desligada, ou seja, este valor não foi obtido a partir do movimento de eletrões, mas sim porque o circuito encontrava-se aberto de alguma forma (fazendo com que houvesse essa diferença de potencial), não sendo, portanto, o valor correto a utilizar na determinação da resistência interna (é diferente o circuito estar aberto do que haver uma resistência óhmica que promovesse a queda de tensão). Assim, utiliza-se a expressão do formulário da força eletromotriz, obtendo o valor solicitado.

O aluno poderia confundir-se a pensar que essa queda de 2,00 V representaria a diferença de potencial devido a uma resistência na bateria, que seria a resistência interna, mas o que não é verdade, como explicado acima.

- * 3.3.** No sistema de refrigeração dos motores de combustão, são, geralmente, usados líquidos de elevada capacidade térmica mássica.

Um professor desafiou os alunos a identificarem, de entre dois líquidos desconhecidos, qual seria o mais adequado para um sistema de refrigeração. Deveriam realizar apenas um ensaio para cada líquido e retirar uma conclusão sem recorrer a cálculos. Disponibilizou amostras de cada um dos líquidos, com massas iguais e à mesma temperatura, uma resistência de imersão, de potência P desconhecida e constante, um cronómetro e um termómetro.

Descreva o modo como os alunos podem dar resposta ao desafio.

Na sua resposta:

- deduz a relação matemática que suporta a atividade experimental;
- apresente o procedimento experimental, identificando as grandezas a medir;
- refira a conclusão a retirar a partir da análise dos resultados.

Apresente um texto bem estruturado e utilize linguagem científica adequada.

*** 3.3. Elementos de resposta:**

- [Os alunos] obtêm $c = \frac{P \Delta t}{m \Delta \theta}$ (ou equivalente);
- [Os alunos] aquecem cada um dos líquidos durante o mesmo intervalo de tempo e medem as respetivas variações de temperatura (ou equivalente);
- [Os alunos] referem que o líquido mais adequado à refrigeração do motor é o [que tem maior capacidade térmica mássica, o que corresponde ao líquido] que sofre menor variação de temperatura no mesmo intervalo de tempo [uma vez que $\frac{P}{m}$ é constante] (ou equivalente).

OU

- [Os alunos] obtêm $c = \frac{P \Delta t}{m \Delta \theta}$ (ou equivalente);
- [Os alunos] aquecem cada um dos líquidos até sofrerem a mesma variação de temperatura, e medem os respetivos intervalos de tempo (ou equivalente);
- [Os alunos] referem que o líquido mais adequado à refrigeração do motor é o [que tem maior capacidade térmica mássica, o que corresponde ao líquido] que sofre a mesma variação de temperatura num intervalo de tempo maior [uma vez que $\frac{P}{m}$ é constante] (ou equivalente).

Exemplo de resposta:

Considerando $E = m c \Delta \theta$ e $E = P \Delta t$, os alunos obtêm $c = \frac{P \Delta t}{m \Delta \theta}$. Para o procedimento experimental, os alunos aquecem cada um dos líquidos até sofrerem a mesma variação de temperatura, e medem os respetivos intervalos de tempo. Deste modo, o líquido mais adequado à refrigeração do motor é o que tem maior capacidade térmica mássica, o que corresponde ao líquido que sofre a mesma variação de temperatura num intervalo de tempo maior, uma vez que $\frac{P}{m}$ é constante (e o intervalo de tempo e de temperatura podem variar).

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 moto, 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.

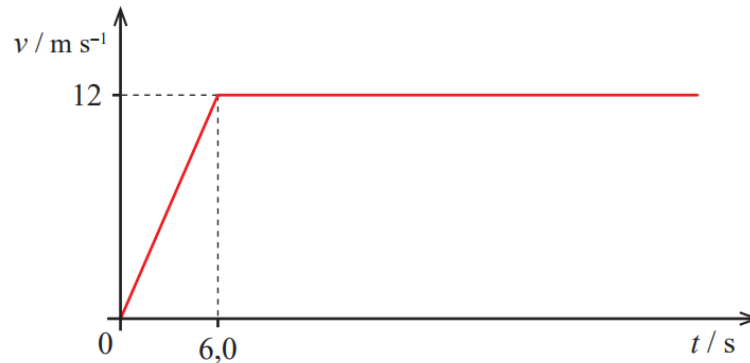


Figura 4

* 4.1. Admita que, nos primeiros 6,0 s de movimento, o automóvel transformou 90% da energia que lhe foi fornecida em energia cinética de translação, dissipando a restante.

Determine a energia que foi fornecida ao automóvel nesse intervalo de tempo.

Apresente todos os cálculos efetuados.

* 4.1. **Etapas de raciocínio de resolução do item.**

I) Como é solicitado o valor da energia fornecida ao automóvel, e sabendo a proporção que foi transformada em energia cinética, é preciso determinar o valor da energia cinética e a partir dela determinar a energia fornecida.

- Calcula a variação da energia cinética ($7,20 \times 10^4 \text{ J}$)

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} m (v_f^2 - v_i^2) \quad \Delta E_c = \frac{1}{2} \times 1000 \times (12^2 - 0) \Leftrightarrow \Delta E_c = 7,20 \times 10^4 \text{ J}$$

- Calcula a energia que foi fornecida ao automóvel ($8,0 \times 10^4 \text{ J}$)

Como este valor da energia cinética corresponde a 90% da energia fornecida, a energia fornecida

foi de $E_{\text{fornecida}} \times \frac{90}{100} = E_c \Leftrightarrow E_{\text{fornecida}} = 8,0 \times 10^4 \text{ J}$

Exame Nacional de 2024 - 1.ª Fase

2. Na reciclagem de equipamentos eletrónicos, a extração de metais pode ser feita através de diferentes processos.

- * 2.1. Na pirometalurgia, removem-se os metais líquidos à medida que estes se vão fundindo por aumento da temperatura da mistura.

A tabela apresenta, para a prata, a capacidade térmica mássica (no estado sólido), o ponto de fusão (à pressão atmosférica normal) e a variação de entalpia mássica de fusão.

Capacidade térmica mássica (J kg ⁻¹ K ⁻¹)	Ponto de fusão (°C)	Variação de entalpia mássica de fusão (kJ kg ⁻¹)
235	961,8	105

Considere que foram extraídos 1,40 kg de prata, no estado sólido, de diversos equipamentos eletrónicos.

Determine, em unidades SI, a potência mínima de um forno necessária para, em 600 segundos, fundir a totalidade da prata, inicialmente a 25,0 °C.

Apresente todos os cálculos efetuados.

* 2.1.

Etapas de raciocínio de resolução do item.

- I) Como foi pedida a potência, num intervalo de tempo, facilmente é possível observar que a última etapa de resolução será para utilizar a expressão $P = \frac{E}{\Delta t}$
- II) O tempo já é fornecido, pelo que só resta descobrir a energia, que será a soma da energia necessária para aumentar a temperatura com a energia necessária para fundir o metal.

- Cálculo da energia transferida para a prata de modo que a sua temperatura se eleve de 25,0 °C até 961,8 °C ($3,082 \times 10^5$ J)

$$E = mc \Delta T \quad E = 1,40 \times 235 \times (961,8 - 25,0) \Leftrightarrow E = 3,082 \times 10^5 \text{ J}$$

- Cálculo da energia transferida para a prata de modo que a sua fusão seja completa ($1,470 \times 10^5$ J)

$$E = m \Delta H \quad E = 1,40 \times 105 \times 10^3 \Leftrightarrow E = 1,470 \times 10^5 \text{ J}$$

- Cálculo da potência mínima do forno (759 W)

$$P = \frac{E}{\Delta t} \quad P = \frac{3,082 \times 10^5 + 1,470 \times 10^5}{600} \Leftrightarrow P = 759 \text{ W}$$

6. O desfibrilhador automático externo (DAE) é um aparelho que, através da aplicação de uma descarga elétrica no tórax, permite reverter a paragem cardíaca.

Nos recintos desportivos, o DAE é fundamental para socorrer os atletas em caso de paragem cardíaca.

Considere que uma descarga elétrica transfere uma energia E , quando aplicada a um paciente cujo tórax apresenta uma resistência elétrica R e é submetido a uma diferença de potencial elétrico U .

6.1. A duração dessa descarga elétrica pode ser calculada por

(A) $\frac{E \times R}{U^2}$

(B) $\frac{U^2}{E \times R}$

(C) $\frac{E}{U^2 \times R}$

(D) $\frac{U^2 \times R}{E}$

6.1. Versão 1 – (A);

Para saber a duração da descarga elétrica, e sabendo que o paciente possui uma resistência R e uma diferença de potencial U , o tempo pode ser descoberto a partir da expressão da potência,

pelo que se tem: $P = \frac{E}{\Delta t} \Leftrightarrow \frac{U^2}{R} = \frac{E}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = \frac{E \times R}{U^2}$

* 6.2. A corrente elétrica que circula nos fios de cobre do desfibrilhador consiste no movimento de

- (A) eletrões livres do polo positivo para o polo negativo.
- (B) cargas positivas do polo positivo para o polo negativo.
- (C) eletrões livres do polo negativo para o polo positivo.
- (D) cargas positivas do polo negativo para o polo positivo.

* 6.2. Versão 1 – (C);

Quando se fala sobre sentido da corrente, é possível considerar o sentido convencional e o sentido real da corrente. Como o item não refere o sentido a se ter em consideração, **devemos considerar o sentido que os eletrões realmente seguem, ou seja, o sentido real da corrente, que representa o movimento de eletrões livres do polo negativo para o polo positivo.**

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).

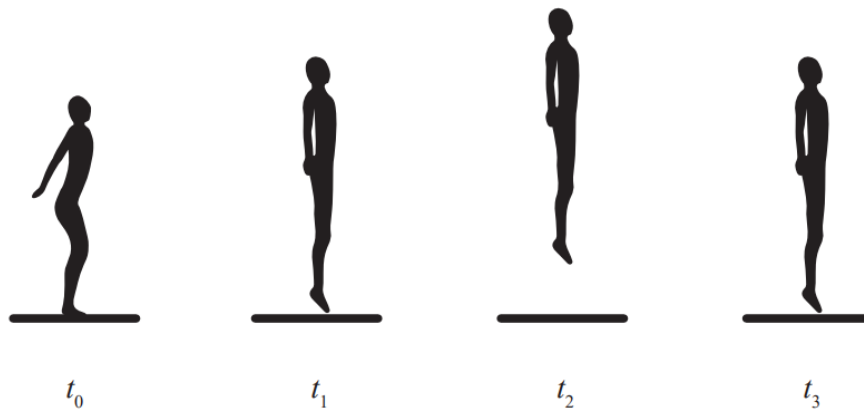
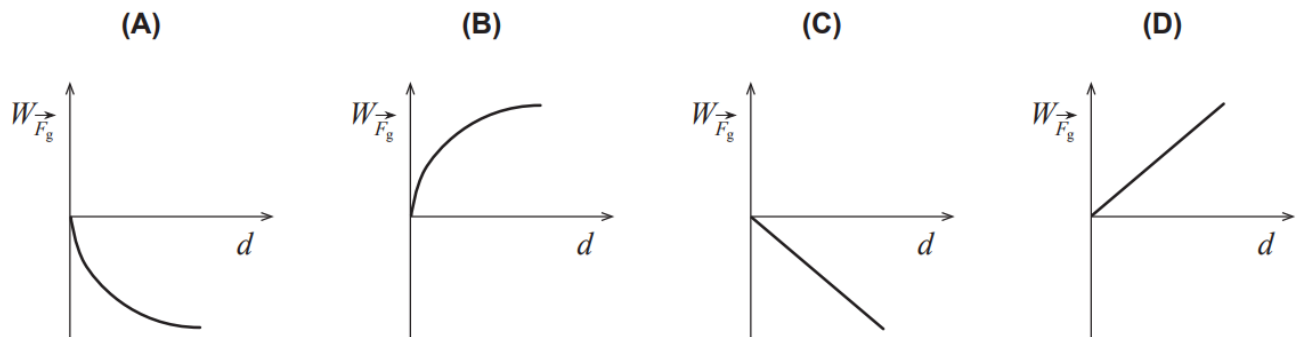


Figura 5

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.

7.2. Qual dos esboços de gráfico seguintes representa o trabalho realizado pela força gravítica, $W_{\vec{F}_g}$, que atua no atleta, em função do deslocamento, d , durante o seu movimento ascendente?



7.2. Versão 1 – (C);

$$\text{Seja } W_{\vec{F}_g} = F d \cos \alpha \Rightarrow W_{\vec{F}_g} = -F d$$

Portanto, a altura, que representa a distância neste caso, será diretamente proporcional ao trabalho da força gravítica, com declive negativo, pois a força tem sentido contrário ao deslocamento. A intensidade da força gravítica representa o módulo do declive do gráfico.

2. Os primeiros termómetros baseavam-se na dilatação regular de uma substância líquida termométrica perante o aumento de temperatura. Galileu Galilei foi um dos primeiros construtores de termómetros, tendo usado a água como substância termométrica. Posteriormente, foram desenvolvidos termómetros de etanol, por Ole Römer, Gabriel Fahrenheit e outros.

* 2.1. Na tabela, estão registadas temperaturas aproximadas de fusão e de ebulição de duas substâncias termométricas, à pressão normal.

Substância termométrica	Temperatura de fusão / °C	Temperatura de ebulição / °C
Água	0	100
Etanol	-114	78

Uma vantagem do uso do etanol como substância termométrica, relativamente à água, é permitir a medição de temperaturas (à pressão normal)

- (A) entre -114 °C e 0 °C.
(B) abaixo de -114 °C.
(C) entre 78 °C e 100 °C.
(D) acima de 100 °C.

2.1. (A)

Como os termómetros se baseavam na dilatação de uma substância termométrica no estado líquido, e de acordo com os valores da tabela (água de 0 °C a 100 °C; álcool de -114 °C a 78 °C), verifica-se que o álcool está no estado gasoso acima de 78 °C, pelo que se eliminam as opções (C) e (D), e que está no estado sólido abaixo de -114 °C, eliminando-se a opção (B). Assim, o uso de etanol como substância termométrica, em relação à água (ponto de fusão 0 °C), permite a medição de temperaturas entre -114 °C e 0 °C, pelo que a opção correta é a (A).

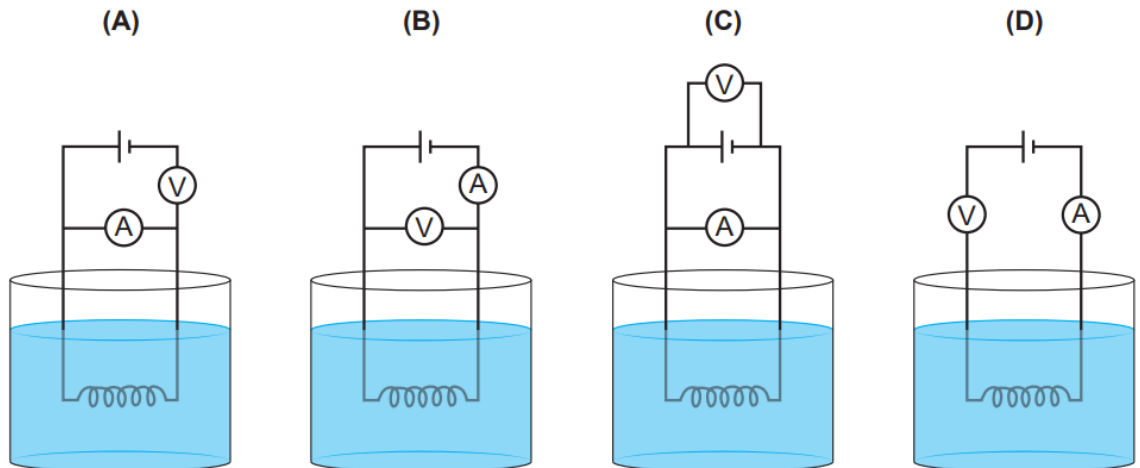
2.2. A verificação experimental de que a resistência elétrica de certos metais variava com a temperatura permitiu o desenvolvimento dos termómetros de resistência (termorresistências).

Uma termorresistência pode ser construída enrolando um fio de cobre que, posteriormente, é percorrido por uma corrente elétrica. O enrolamento do fio de cobre, ao ser mergulhado num líquido a uma determinada temperatura, θ , acaba por atingir essa temperatura.

As medições da diferença de potencial nos terminais do enrolamento e da corrente elétrica que o percorre permitem obter a resistência elétrica, R , do fio de cobre.

A determinação de R , por sua vez, permite obter a temperatura, θ , do líquido.

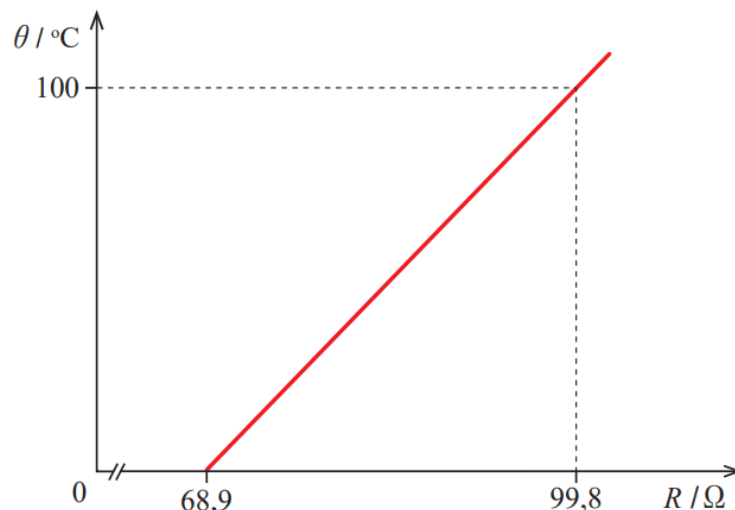
*** 2.2.1.** Qual dos esquemas seguintes pode representar o circuito elétrico do termómetro de resistência, acima descrito?



2.2.1. (B)

Num circuito elétrico, o voltmímetro tem de estar ligado em paralelo com a resistência elétrica e o amperímetro tem de estar ligado em série, o que está de acordo com o esquema representado na opção (B).

*** 2.2.2.** O gráfico da Figura 2 mostra a reta de calibração de uma termorresistência.



Admita que o fio de cobre apresenta um comportamento óhmico e que, depois de entrar em equilíbrio térmico com um líquido a uma certa temperatura, θ , o fio foi atravessado por uma corrente elétrica de 36,9 mA, estando sujeito a uma diferença de potencial de 3,00 V nos seus terminais.

Determine a temperatura, θ , do líquido.

Apresente todos os cálculos efetuados.

2.2.2. $\theta = 40,1^\circ \text{C}$

$$I = 36,9 \text{ mA} = 36,9 \times 10^{-3} \text{ A} ; U = 3,00 \text{ V}$$

Como o fio apresenta um comportamento óhmico,

$$R = \frac{U}{I} \Rightarrow R = \frac{3,00}{36,9 \times 10^{-3}} = 81,30 \, \Omega$$

De acordo com a Figura 2, o declive da reta de calibração é:

$$\text{declive} = \frac{\Delta\theta}{\Delta R} \Rightarrow \text{declive} = \frac{100 - 0}{99,8 - 68,9} = 3,236 \, ^\circ\text{C} \, \Omega^{-1}$$

Assim, para $R = 81,30 \, \Omega$

$$3,236 = \frac{\Delta\theta}{81,30 - 68,9} \Leftrightarrow \Delta\theta = 40,1 \, ^\circ\text{C}$$

- * 6.2.** Um camião em movimento num percurso retilíneo, de desnível acentuado, sofre uma falha no sistema de travagem. O motorista dirige o camião para uma rampa de emergência com inclinação α , de acordo com a Figura 7.



Figura 7

Admita que o camião pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material) e que são desprezáveis todas as forças dissipativas que nele atuam ao longo da rampa de emergência.

Numa determinada ocasião, um camião de $1,3 \times 10^4 \text{ kg}$ entra numa rampa de emergência com uma inclinação de 12° . A velocidade inicial do camião é, em módulo, 130 km h^{-1} e, nesta circunstância, o camião percorre uma distância, d , até parar.

Considere a existência de outras situações, em que se altera apenas uma das condições: módulo da velocidade inicial do camião, massa do camião ou inclinação da rampa de emergência.

Associe cada uma das situações, expressas na Coluna I, a uma das descrições da variação da distância percorrida pelo camião na rampa de emergência, até parar, que constam na Coluna II.

Escreva, na folha de respostas, cada letra da Coluna I seguida do número correspondente da Coluna II. A cada letra corresponde apenas um número.

COLUNA I	COLUNA II
(a) Se o módulo da velocidade inicial do camião for 120 km h^{-1} ,	(1) d diminui cerca de 15%.
(b) Se a massa do camião for $1,0 \times 10^4 \text{ kg}$,	(2) d diminui cerca de 20%.
(c) Se a inclinação da rampa de emergência for 10° ,	(3) d mantém-se.
	(4) d aumenta cerca de 20%.
	(5) d aumenta cerca de 15%.

6.2. (a)–(1); (b)–(3); (c)–(4)

O camião desloca-se na rampa de emergência com movimento retilíneo uniformemente retardado até se imobilizar ($v_f = 0 \text{ m s}^{-1}$) e percorre a distância d .

Assim

$$v_f = v_0 - a t \Rightarrow 0 = v_0 - a t \Leftrightarrow t = \frac{v_0}{a}$$

e

$$d = v_0 t - \frac{1}{2} a t^2 \Leftrightarrow d = \frac{v_0^2}{a} - \frac{1}{2} a \frac{v_0^2}{a^2} \Leftrightarrow d = \frac{v_0^2}{2 a}$$

Como as forças dissipativas são desprezáveis, a resultante das forças que atua sobre o camião é igual à componente tangencial da força gravítica (paralela à rampa), isto é

$$F_R = F_g \sin \alpha \Leftrightarrow m a = m g \sin \alpha \Leftrightarrow a = g \sin \alpha$$

Então,

$$d = \frac{v_0^2}{2 g \sin \alpha}$$

– Situação inicial

$$m = 1,3 \times 10^4 \text{ kg}; \alpha = 12^\circ; v_0 = 130 \text{ km h}^{-1} = \frac{130 \times 10^3}{3600} = 36,1 \text{ m s}^{-1}$$

– Situação (a)

$$m = 1,3 \times 10^4 \text{ kg}; \alpha = 12^\circ; v_0 = 120 \text{ km h}^{-1} = \frac{120 \times 10^3}{3600} = 33,3 \text{ m s}^{-1}$$

$$d_{(a)} = \frac{33,3^2}{2 \times 9,80 \times \sin 12^\circ} \Leftrightarrow d_{(a)} = 2,72 \times 10^2 \text{ m}$$

$$d_{(a)} - d_i = (2,72 - 3,20) \times 10^2 = -48 \text{ m}$$

Diminui 48 m, assim

$$|\Delta d| \% = \frac{48}{3,20 \times 10^2} \times 100 = 15\%$$

logo, (a)–(1).

– Situação (b)

$$m = 1,0 \times 10^4 \text{ kg}; \alpha = 12^\circ; v_0 = 130 \text{ km h}^{-1} = \frac{130 \times 10^3}{3600} = 36,1 \text{ m s}^{-1}$$

A distância, $d = \frac{v_0^2}{2 g \sin \alpha}$, é independente da massa do camião, logo a distância percorrida mantém-se igual à da situação inicial,

logo, (b)–(3).

Situação (c)

$$m = 1,3 \times 10^4 \text{ kg}; \alpha = 10^\circ; v_0 = 130 \text{ km h}^{-1} = \frac{130 \times 10^3}{3600} = 36,1 \text{ m s}^{-1}$$

$$d_{(c)} = \frac{36,1^2}{2 \times 9,80 \times \sin 10^\circ} \Leftrightarrow d_{(c)} = 3,83 \times 10^2 \text{ m}$$

$$d_{(c)} - d_i = (3,83 - 3,20) \times 10^2 = 63 \text{ m}$$

Aumentou 63 m, assim

$$|\Delta d|\% = \frac{63}{3,20 \times 10^2} \times 100 = 19,7\% \Leftrightarrow |\Delta d|\% \approx 20\%$$

Logo, (c) – (4) .

A relação entre as letras da coluna I e os números da coluna II é (a) – (1); (b) – (3); (c) – (4) .

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).

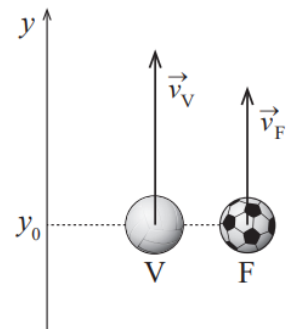


Figura 11

- * 9.1. Determine, mediante considerações energéticas, a razão entre a altura máxima atingida pela bola de voleibol, $y_{\text{máx,V}}$, e a altura máxima atingida pela bola de futebol, $y_{\text{máx,F}}$.

Apresente todos os cálculos efetuados.

9.1 1,6

$$v_{0V} = 5,0 \text{ m s}^{-1}; v_{0F} = 4,0 \text{ m s}^{-1}$$

Como a resistência do ar é desprezável, a energia mecânica de cada uma das bolas, durante a subida, é constante.

$E_{m0} = E_{mf}$ e, como partem da posição zero e atingem a altura máxima, altura final, com velocidade nula, pode escrever-se:

$$E_{c0} = E_{pf} \Leftrightarrow \frac{1}{2} m v_0^2 = m g h_f \Leftrightarrow \frac{1}{2} v_0^2 = g h_f \Leftrightarrow v_0^2 = 2 g h_f$$

Assim,

$$\frac{2 g h_{fV}}{2 g h_{fF}} = \frac{v_{0V}^2}{v_{0F}^2} \Leftrightarrow \frac{h_{fV}}{h_{fF}} = \frac{v_{0V}^2}{v_{0F}^2} \Rightarrow \frac{h_{fV}}{h_{fF}} = \frac{5,0^2}{4,0^2} = 1,6$$

A relação entre a altura máxima atingida pela bola de voleibol e a atingida pela bola de futebol é 1,6 .

Exame Nacional de 2023 - 2.ª Fase

5.2. Submetendo um tubo de descarga com gás di-hidrogénio rarefeito a uma descarga elétrica de alta tensão, é possível, através de um espectroscópio, observar o espectro de emissão daquele elemento.

* 5.2.1. A diferença de potencial entre os elétrodos nas extremidades do tubo de descarga corresponde à

- (A) energia transferida para o gás rarefeito por unidade de carga que o atravessa.
- (B) energia transferida para o gás rarefeito por unidade de tempo.
- (C) carga transferida para o gás rarefeito por unidade de energia que é absorvida.
- (D) carga transferida para o gás rarefeito por unidade de tempo.

5.2.1. (A)

A diferença de potencial elétrico entre os elétrodos é a energia elétrica transferida por unidade de carga que atravessa o gás rarefeito. A opção correta é a (A).

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.

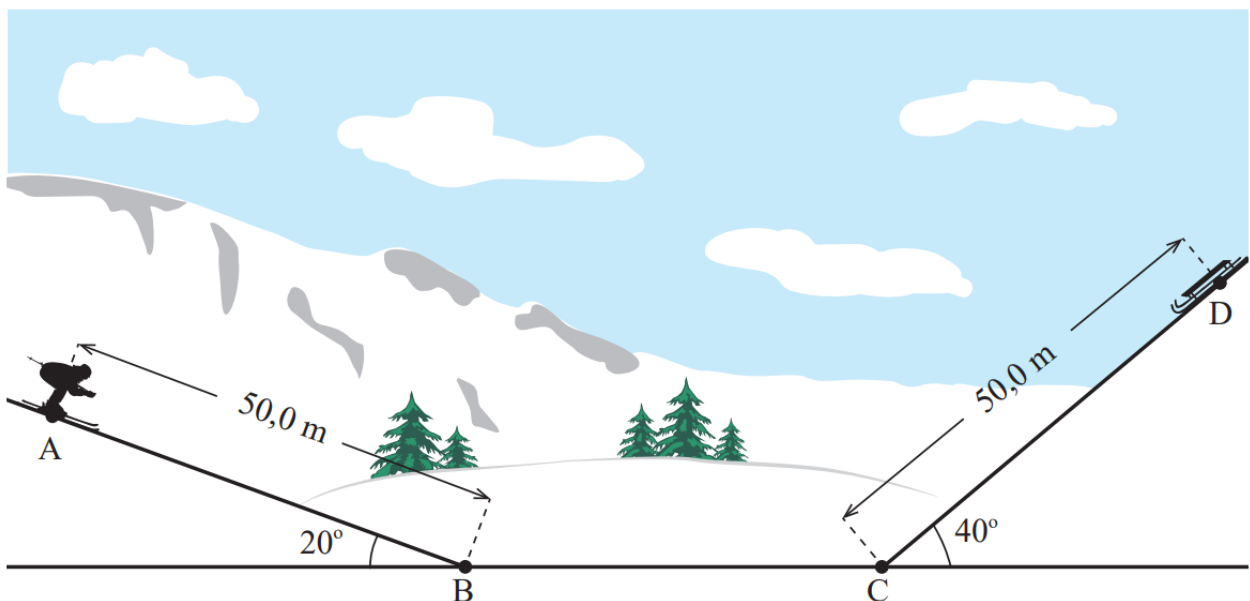


Figura 8

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 $|\Delta E_{pe}| < |\Delta E_{pt}|$

9.1. (C)

A aceleração adquirida ao longo de um plano inclinado (rampa) é $a = g \sin \alpha$.

Para a esquiadora: $|a_e| = 9,8 \times \sin 20^\circ = 3,35 \text{ m s}^{-2}$; para o trenó: $|a_t| = 9,80 \times \sin 40^\circ = 6,30 \text{ m s}^{-2}$.

Assim, eliminam-se as opções (A) e (B).

A $|\Delta E_p| = |m g \Delta h|$; $|\Delta h| = |d \sin \alpha|$ e $m_e = 3 m_t$

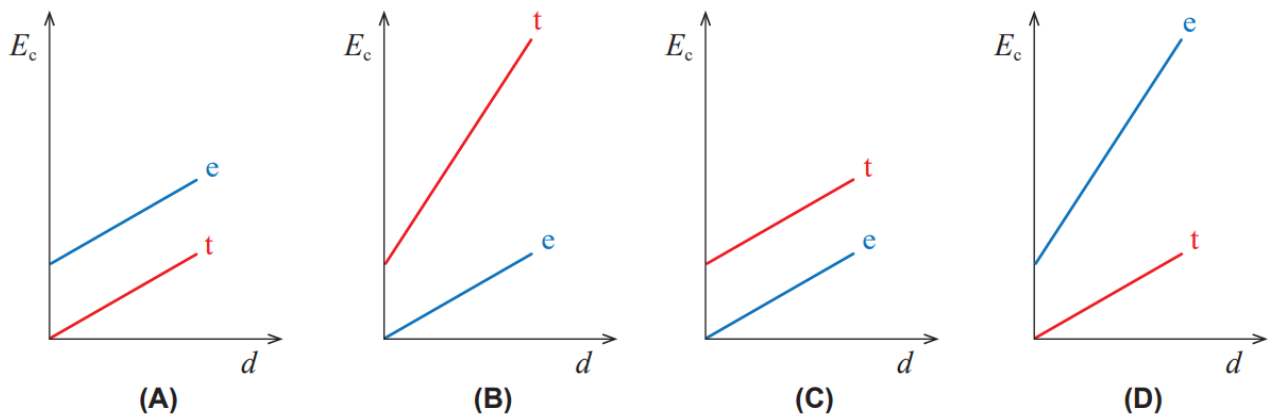
Assim:

$|\Delta E_{pe}| = |3 m_t g \times 50 \sin 20^\circ| = 51,3 g m_t \text{ J}$

$|\Delta E_{pt}| = |m_t g \times 50 \sin 40^\circ| = 32,1 g m_t \text{ J}$

A opção correta é a (C).

9.2. Qual das opções seguintes corresponde ao esboço do gráfico da energia cinética, E_c , da esquiadora e do trenó, em função da distância, d , percorrida ao longo das encostas, AB e DC, respetivamente?



9.2. (D)

Como o trenó parte da posição D do repouso, a energia cinética inicial é nula, pelo que se eliminam as opções (B) e (C).

De acordo com as informações do enunciado, há conservação de energia mecânica da esquiadora e do trenó durante os respetivos percursos. Assim, pode escrever-se que

$|\Delta E_p| = |\Delta E_c|$

Como

$|\Delta E_{pe}| > |\Delta E_{pt}|$ (ver item 9.1), pode concluir-se que $|\Delta E_{ce}| > |\Delta E_{ct}|$.

A opção correta é a (D).

- * 9.3. Após o percurso AB, a esquiadora, no plano horizontal, cruza-se com o trenó, deslocando-se ambos com velocidades de igual módulo.

Determine o módulo da velocidade da esquiadora no instante em que o trenó se desprende.

Apresente todos os cálculos efetuados.

9.3. $v = 17,1 \text{ m s}^{-1}$

A esquiadora e o trenó encontram-se no plano horizontal com o mesmo módulo de velocidade, v .

Dado que o trenó parte do repouso em D e como há conservação de energia mecânica, pode escrever-se, para o trenó:

$$E_{\text{cf}} = E_{\text{pi}} \Leftrightarrow \frac{1}{2} m_t v_t^2 = m_t g \times 50,0 \sin 40^\circ \Leftrightarrow v_t^2 = 2 \times 9,80 \times 50,0 \sin 40^\circ = 6,30 \times 10^2 \text{ (m s}^{-1}\text{)}^2 \Rightarrow v_t = 25,1 \text{ m s}^{-1}$$

Para a esquiadora, a velocidade final é $v_e = 25,1 \text{ m s}^{-1}$

e

$$E_{\text{cf}} = E_{\text{pi}} \Leftrightarrow \frac{1}{2} m_e v_e^2 = m_e g \times 50,0 \sin 20^\circ + \frac{1}{2} m_e v_{\text{ei}}^2 \Leftrightarrow v_{\text{ei}}^2 = v_e^2 - 2 \times 9,80 \times 50,0 \sin 20^\circ \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow v_{\text{ei}}^2 = 25,1^2 - 100 \times 9,80 \sin 20^\circ \Leftrightarrow v_{\text{ei}}^2 = 2,95 \times 10^2 \Leftrightarrow v_{\text{ei}} = 17,1 \text{ m s}^{-1}$$

A velocidade com que a esquiadora parte da posição A é, em módulo, igual a $17,1 \text{ m s}^{-1}$.

10. No laboratório, é comum aquecerem-se amostras de água.

- * 10.1. Considere que uma amostra de água no estado líquido é aquecida numa placa elétrica, utilizando-se um copo de precipitação.

Minimizam-se as perdas de massa e de energia para o exterior se o copo de precipitação estiver

- (A) destapado e o seu diâmetro for igual ao da placa elétrica.
- (B) tapado e o seu diâmetro for igual ao da placa elétrica.
- (C) destapado e o seu diâmetro for inferior ao da placa elétrica.
- (D) tapado e o seu diâmetro for inferior ao da placa elétrica.

10.1. (B)

Para minimizar as perdas de massa e de energia como calor, o copo de precipitação deve estar tapado e o seu diâmetro deve ser igual ao da placa de aquecimento.

A opção correta é a (B).

10.2. A Figura 9 apresenta o gráfico teórico da temperatura, θ , de uma amostra de água de massa m , em função do tempo, t , desde o estado sólido (gelo) até à sua vaporização completa, a pressão constante.

Admita que a amostra é aquecida numa placa elétrica de potência, P , constante e que o rendimento no processo de aquecimento é 100%.

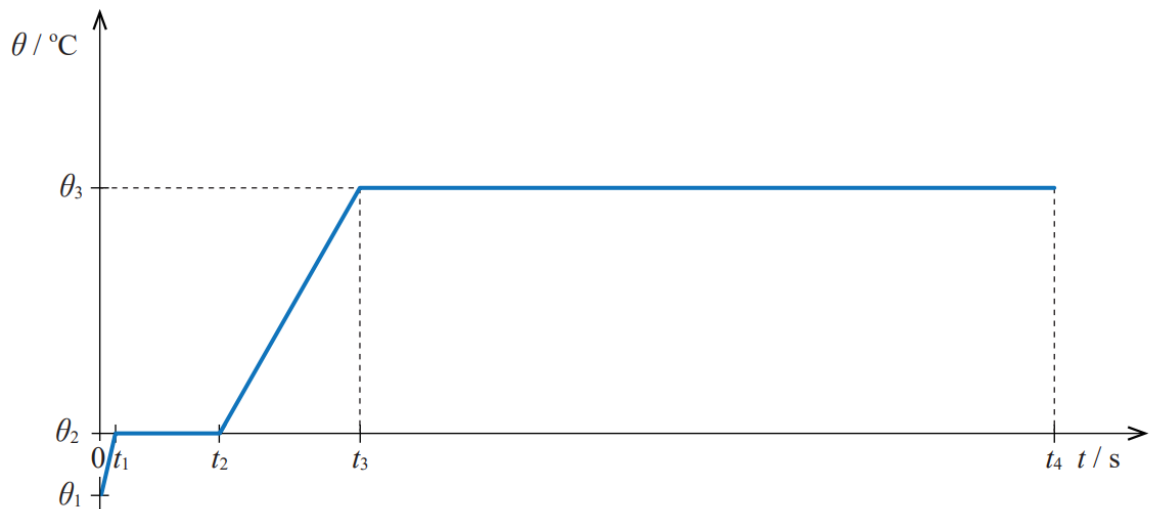


Figura 9

10.2.1. Qual das expressões seguintes permite calcular a capacidade térmica mássica do gelo?

Despreze as perdas de massa durante o aquecimento do gelo.

- (A) $\frac{P(\theta_2 - \theta_1)}{m \times t_1}$
- (B) $\frac{P \times t_1}{m(\theta_2 - \theta_1)}$
- (C) $\frac{P \times (\theta_3 - \theta_2)}{m(t_3 - t_2)}$
- (D) $\frac{P \times (t_3 - t_2)}{m(\theta_3 - \theta_2)}$

10.2.1. (B)

A potência é $P = \frac{E}{\Delta t}$ e $E = m c_g \Delta \theta$.

Assim,

$$P = \frac{m c_g \Delta \theta}{\Delta t} \Leftrightarrow c_g = \frac{P \Delta t}{m \Delta \theta}$$

Durante o aquecimento do gelo, tem-se:

$$c_g = \frac{P t_1}{m(\theta_2 - \theta_1)}$$

A opção correta é a (B).

*** 10.2.2.** Complete o texto seguinte, selecionando a opção adequada a cada espaço.

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

De acordo com a informação apresentada no gráfico da Figura 9, pode concluir-se que, durante as mudanças de fase da amostra de água, a temperatura da água a) e a sua energia interna b) . A energia necessária para a vaporização completa da amostra de água foi c) à energia necessária para a sua fusão completa.

a)	b)	c)
1. aumentou	1. aumentou	1. superior
2. manteve-se constante	2. manteve-se constante	2. igual
3. diminuiu	3. diminuiu	3. inferior

10.2.2. (a)–(2); (b)–(1); (c)–(1).

Durante a mudança de fase, a temperatura mantém-se constante, pelo que a opção correta é (a)–(2).

A energia absorvida provoca um aumento da energia interna, assim a opção correta é (b)–(1).

Dado que a potência de aquecimento é constante e que o intervalo de tempo de t_3 a t_4 é superior ao intervalo de tempo durante a fusão, t_1 a t_2 , conclui-se que a energia necessária para a vaporização completa da amostra foi superior à necessária para a fusão da mesma. A opção correta é (c)–(1).

Exame Nacional de 2023 - 1.ª Fase

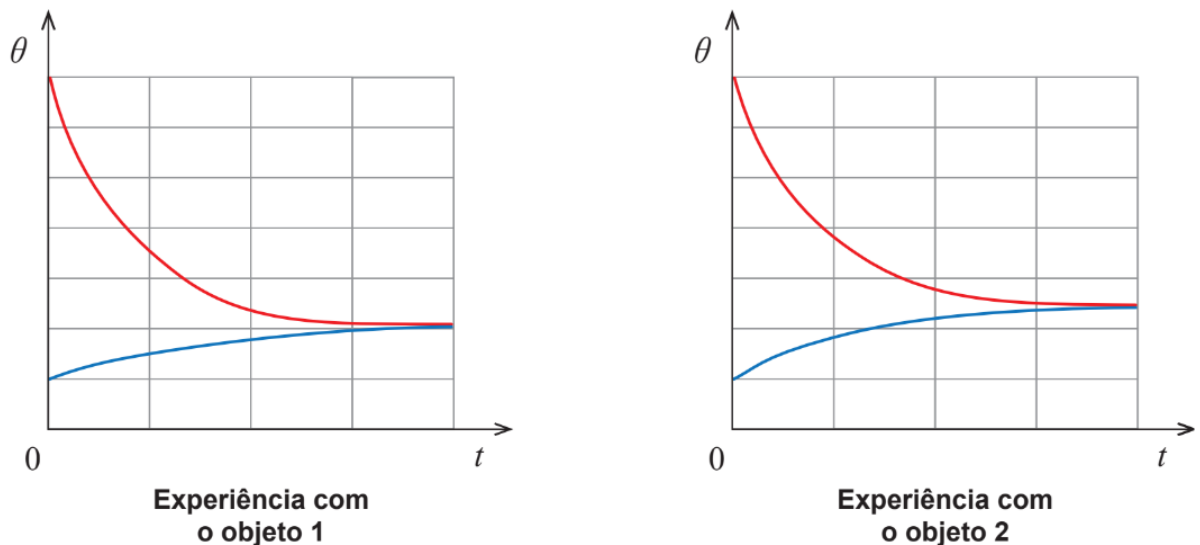
- * 4. Um objeto sólido, a uma dada temperatura, é introduzido num recipiente isolado termicamente, completamente cheio de água líquida a uma temperatura inferior à do objeto. Após um determinado intervalo de tempo, a água e o sólido atingem o equilíbrio térmico.

Esta experiência é repetida com um segundo objeto sólido, que apresenta a mesma massa.

Admita, para as duas experiências, que:

- não ocorrem mudanças de estado físico;
- as massas da água são iguais.

A Figura 4 representa os gráficos da temperatura, θ , dos objetos e da água, em função do tempo, t , para cada uma das experiências, numa mesma escala.



Conclua, justificando, qual dos dois objetos (1 ou 2) apresenta maior capacidade térmica mássica.

Apresente um texto estruturado, utilizando linguagem científica adequada.

* 4. **Elementos de resposta:**

- refere que, nas duas experiências, o módulo da energia cedida pelo objeto é igual à energia absorvida pela água (ou equivalente);
- refere que, para as mesmas condições iniciais da água [massa e temperatura], nas duas experiências, há uma maior transferência de energia do objeto 2 para a água, uma vez que a temperatura de equilíbrio térmico atingida é superior na experiência 2 (ou equivalente);
- conclui que, para as mesmas condições iniciais dos objetos [massas e temperaturas], nas duas experiências, como a temperatura de equilíbrio térmico atingida pelo objeto 2 é superior à do objeto 1 [$|\Delta\theta_{\text{objeto 2}}| < |\Delta\theta_{\text{objeto 1}}|$], então a capacidade térmica mássica do objeto 2 é maior do que a do objeto 1 (ou equivalente).

Exemplo de resposta:

Nas duas experiências, o módulo da energia cedida pelo objeto é igual à energia absorvida pela água. Para as mesmas condições iniciais da água, nas duas experiências, há uma maior transferência de energia do objeto 2 para a água, uma vez que a temperatura de equilíbrio térmico atingida é superior na experiência 2. Portanto, para as mesmas condições iniciais dos objetos, nas duas experiências, como a temperatura de equilíbrio térmico atingida pelo objeto 2 é superior à do objeto 1, então a capacidade térmica mássica do objeto 2 é maior do que a do objeto 1.

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.

- * 5.1. Qual é a razão entre as variações das energias potenciais gravíticas do conjunto *pessoa + cabina + Terra*, no trajeto pelo elevador, e do conjunto *pessoa + Terra*, no trajeto pelas escadas, do rés do chão até ao 3.º andar?

- (A) 1 (B) 0,2 (C) 4 (D) 5

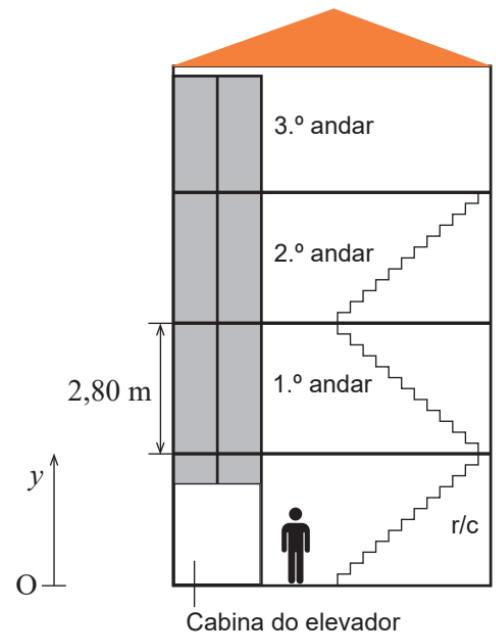


Figura 5

- * 5.1. Versão 1 – (D);

A razão entre a energia potencial gravítica do conjunto *pessoa + cabina + Terra* (total) e a energia potencial gravítica do conjunto *pessoa + Terra* (parcial), para o mesmo deslocamento, é dada por

$$\frac{E_{pg_{total}}}{E_{pg_{parcial}}} = \frac{m_{total}gh}{m_{parcial}gh} = \frac{m_{total}}{m_{parcial}} = \frac{300 + 75}{75} = 5$$

- 5.4. Durante uma falha de eletricidade no prédio, uma pessoa desce as escadas com uma lanterna a pilhas ligada.

- * 5.4.1. No circuito elétrico da lanterna, o sentido real da corrente elétrica é do polo

- (A) positivo para o polo negativo da pilha, e a corrente é alternada.
 (B) positivo para o polo negativo da pilha, e a corrente é contínua.
 (C) negativo para o polo positivo da pilha, e a corrente é alternada.
 (D) negativo para o polo positivo da pilha, e a corrente é contínua.

- * 5.4.1. Versão 1 – (D);

O sentido real da corrente elétrica é do polo negativo para o polo positivo da pilha, enquanto o sentido convencional da corrente elétrica é do polo positivo para o polo negativo da pilha. Baterias e pilhas são exemplos comuns de geradores de corrente contínua num circuito.

5.4.2. O gráfico da Figura 7 traduz a curva característica da pilha usada na lanterna.

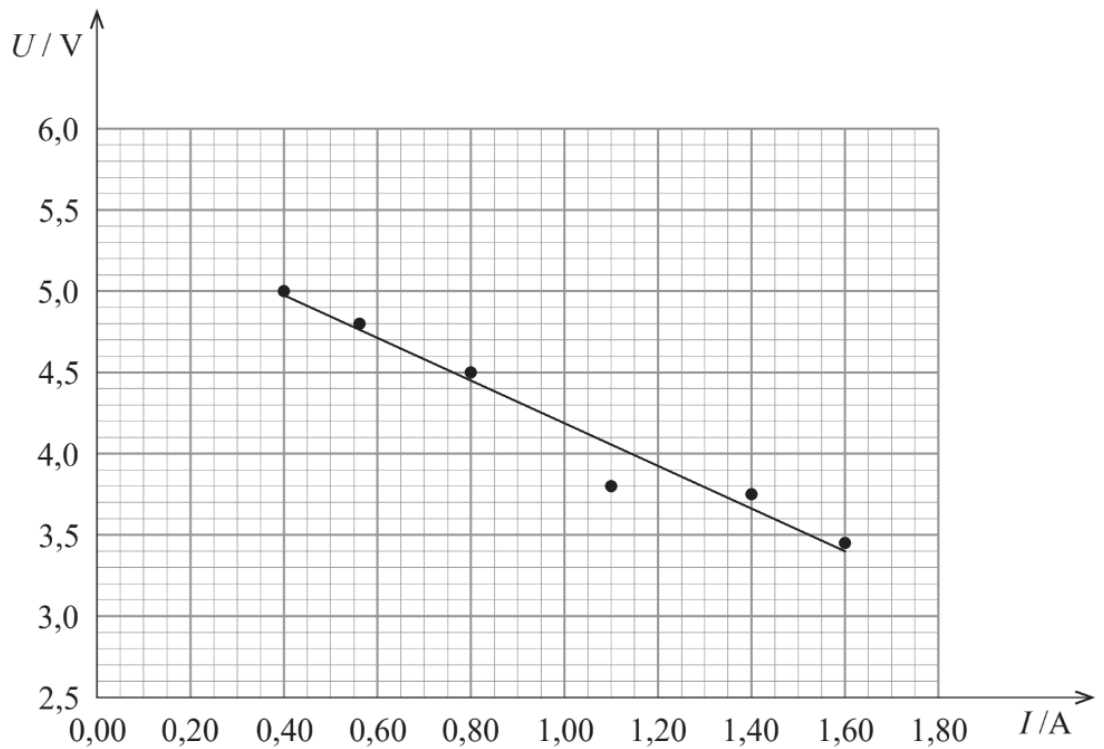


Figura 7

Qual das opções seguintes pode representar as características desta pilha (ε e r)?

- (A) 5,5 V e $1,3 \Omega$
- (B) 5,5 V e $2,3 \Omega$
- (C) 5,0 V e $1,3 \Omega$
- (D) 5,0 V e $2,3 \Omega$

5.4.2. Versão 1 – (A);

O valor da força eletromotriz desta pilha é de 5,5 V, a partir da continuação da curva característica da pilha para quando $I = 0 \text{ A}$. O valor da resistência interna é dado pela obtenção do módulo do declive desta curva característica da pilha, pelo que se tem, a

partir de dois pontos da curva, $\left| \frac{4,2 - 3,4 \text{ V}}{1,00 - 1,60 \text{ A}} \right| = 1,3 \Omega$.

5.5. No pátio do prédio, uma pessoa testa os ressaltos de uma bola de ténis.

A bola de ténis é abandonada de uma altura, h , relativamente ao solo, originando vários ressaltos.

Admita que:

- a trajetória da bola é retilínea;
- a resistência do ar é desprezável;
- a bola pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material);
- o solo é o nível de referência da energia potencial gravítica.

Considere que, em cada ressalto, 50% da energia cinética da bola é dissipada no impacto com o solo.

Qual das expressões seguintes permite calcular a altura máxima atingida pela bola após o segundo ressalto?

- (A) $\frac{h}{2}$ (B) $\sqrt{h}$ (C) $\frac{h}{4}$ (D) $\sqrt{\frac{h}{2}}$

5.5. Versão 1 – (C);

A partir do enunciado, e considerando somente a energia mecânica quando a bola atinge a altura máxima, tem-se

$$E_{\text{m}_{\text{ressalto}}} = 0,50 \times E_{\text{m}_{\text{antes do ressalto}}} \Leftrightarrow mgh_{\text{ressalto}} = 0,50 \times mgh_{\text{antes do ressalto}} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow h_{\text{ressalto}} = 0,50 \times h_{\text{antes do ressalto}}$$

Admitindo que a altura inicial é h , e sabendo que é solicitado a altura máxima atingida para o segundo ressalto, tem-se

$$h_{\text{ressalto } 1} = \frac{h}{2} \Rightarrow h_{\text{ressalto } 2} = \frac{h_{\text{ressalto } 1}}{2} = \frac{\frac{h}{2}}{2} \Leftrightarrow h_{\text{ressalto } 2} = \frac{h}{4}$$

*** 8.** Na Antártida, um meteorito de 12 kg, à temperatura de 3100 °C, enterra-se num bloco de gelo de grandes dimensões com uma velocidade de 10 km s⁻¹, em módulo.

Admita que:

- o bloco de gelo se encontra à temperatura de 0 °C;
- toda a energia cinética do meteorito é utilizada para fundir gelo do bloco;
- a capacidade térmica mássica do material que constitui o meteorito é 830 J kg⁻¹ K⁻¹;
- a temperatura de fusão do gelo é 0 °C;
- a variação de entalpia (mássica) de fusão do gelo é 3,34 × 10⁵ J kg⁻¹.

Determine a massa de gelo que se funda, considerando que, no final, o sistema *meteorito + bloco de gelo* se encontra a 0 °C.

Apresente todos os cálculos efetuados.

- * 8. • Cálculo da energia transferida para o gelo sob a forma de calor ($3,1 \times 10^7 \text{ J}$)

Como o sistema *meteorito + bloco de gelo* encontra-se a 0°C , no final, determina-se a energia transferida para o gelo sob a forma de calor.

$$E = m c \Delta T \quad E = 12 \times 830 \times (0 - 3100) = -3,1 \times 10^7 \text{ J}$$

Portanto, foi transferido para o gelo $3,1 \times 10^7 \text{ J}$, pois o meteorito perdeu esta energia, pelo que o gelo absorveu.

- Cálculo da energia transferida para o gelo proveniente da energia cinética do meteorito ($6,0 \times 10^8 \text{ J}$)

Como toda a energia cinética do meteorito foi transferida para o bloco de gelo, calcula-se a energia que foi transferida para o bloco de gelo, a partir da variação da energia cinética do meteorito.

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} m (v_f^2 - v_i^2) \quad \Delta E_c = \frac{1}{2} \times 12 \times (0 - (10 \times 10^3)^2) = -6,0 \times 10^8 \text{ J}$$

Portanto, a energia transferida para o gelo proveniente da energia cinética do meteorito foi de $6,0 \times 10^8 \text{ J}$.

- Cálculo da massa de gelo que se funde ($2 \times 10^3 \text{ kg}$)

Como é mencionado que, no final, o sistema *meteorito + bloco de gelo* encontra-se a 0°C , conclui-se, também, que a energia proveniente da perda de calor foi utilizada para fundir o bloco de gelo. Deste modo, determina-se a massa de gelo fundida.

$$E = m \Delta H \quad 3,1 \times 10^7 + 6,0 \times 10^8 = m \times 3,34 \times 10^5 \Leftrightarrow m = 2 \times 10^3 \text{ kg}$$

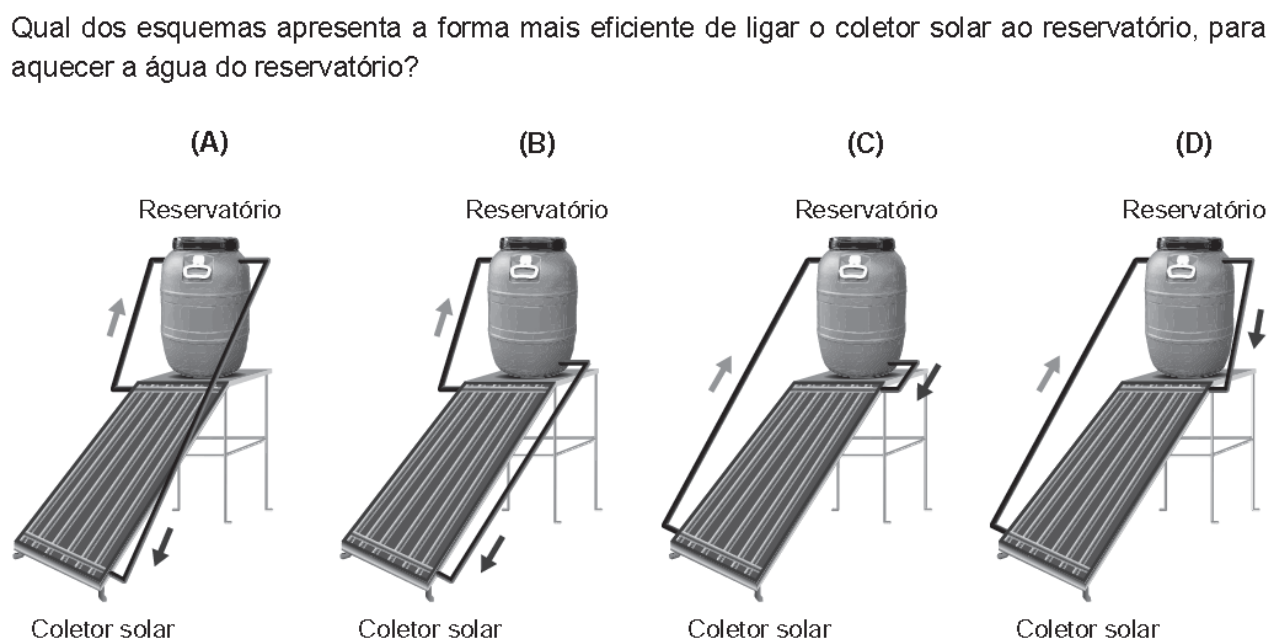
Exame Nacional de 2022 - Época Especial

2. Num certo local, foi construído um sistema de aquecimento de água de baixo custo, que funciona como a seguir se descreve.

O sistema é constituído por um coletor solar e por um reservatório, encontrando-se este numa posição mais elevada em relação àquele.

A água, que circula no coletor solar dentro de tubos, é aquecida pelo Sol e sobe, por convecção, ao reservatório. A água mais fria do reservatório desce para o coletor. A repetição cíclica deste processo possibilita o aquecimento da água do reservatório.

- 2.1. Nos esquemas seguintes, as setas indicam o sentido da circulação da água.



2.1. (B)

A água mais quente, acumulada na parte superior do coletor, solar deve ser ligada à parte superior do reservatório. A água mais fria, contida na parte inferior do reservatório, deve ser ligada à parte inferior do coletor solar para ser aquecida pelo sol e subir, por convecção, ao reservatório, repetindo, assim, o processo de aquecimento.

- * 2.2. O coletor solar foi construído com uma área de $2,5 \text{ m}^2$, e o sistema *coletor solar + reservatório* foi cheio com 100 L de água. Após 7,0 h de exposição solar, a temperatura da água subiu de 23°C para 41°C .

Admita que a irradiância solar média, no nível em que o coletor se encontra, é 600 W m^{-2} e que $\rho_{\text{água}} = 1,00 \text{ kg dm}^{-3}$.

Considere desprezável o aquecimento do reservatório por exposição solar direta e a reflexão no coletor solar.

Calcule a energia dissipada neste processo de aquecimento.

Apresente todos os cálculos efetuados.

2.2. $E_{\text{dissipada}} = 3,0 \times 10^7 \text{ J}$

$A = 2,5 \text{ m}^2$; $V_{\text{água}} = 100 \text{ L}$; $\rho_{\text{água}} = 1,00 \text{ kg dm}^{-3}$

$\Delta t = 7,0 \text{ h} = 7,0 \times 3600 \text{ s}$; $\theta_i = 23^\circ \text{C}$; $\theta_f = 41^\circ \text{C}$

$E_r = 600 \text{ W m}^{-2}$

$$E_r = \frac{E_{\text{rad}}}{A \Delta t}$$

Em 7,0 h de exposição solar, a energia da radiação solar, E_{rad} , que incide no coletor é:

$$E_{\text{rad}} = E_r A \Delta t \Rightarrow E_{\text{rad}} = 600 \times 2,5 \times 7,0 \times 3600 \Leftrightarrow E_{\text{rad}} = 3,78 \times 10^7 \text{ J}$$

Neste tempo de exposição solar, a energia absorvida pela água, $E_{\text{útil}}$, é dada pela expressão:

$$E_{\text{útil}} = m c_{\text{água}} \Delta \theta$$

Como $m_{\text{água}} = \rho_{\text{água}} V_{\text{água}} \Rightarrow m_{\text{água}} = 1,00 \times 100 = 100 \text{ kg}$

Assim,

$$E_{\text{útil}} = 100 \times 4,18 \times 10^3 \times (41 - 23) \Leftrightarrow E_{\text{útil}} = 7,52 \times 10^6 \text{ J}$$

A energia dissipada neste processo de aquecimento é, então:

$$E_{\text{dissipada}} = 3,78 \times 10^7 - 7,52 \times 10^6 \Leftrightarrow E_{\text{dissipada}} = 3,0 \times 10^7 \text{ J}$$

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).

- * 4.1. Considere a roda traseira da bicicleta como um sistema fechado.

No troço de A a B, a roda cedeu ao exterior 12 J, como calor, tendo sido realizado sobre ela um trabalho de 22 J.

Qual foi a variação da energia interna da roda?

- (A) +34 J
- (B) +10 J
- (C) -10 J
- (D) -34 J

4.1. (B)

De acordo com a 1.ª Lei da Termodinâmica,

$$\Delta U = Q + W$$

Por convenção, a energia recebida pelo sistema é positiva e a energia cedida é negativa. Assim:

$$\Delta U = -12 + 22 = 10 \text{ J}$$

A opção correta é a (B).

- 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 ciclovia, 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 ciclovia como nível de referência da energia potencial gravítica.

*** 4.2.1.** Verifique se a inclinação da ciclovia cumpre a recomendação indicada.

Mostre como chegou à verificação solicitada, apresentando todos os cálculos efetuados.

4.2.1. Não cumpre a recomendação indicada.

$$v_B = 30 \text{ km h}^{-1} = \frac{30 \times 10^3}{3600} \Leftrightarrow v_B = 8,3 \text{ m s}^{-1} ; d_{B \rightarrow C} = 40 \text{ m}$$

$$\% \text{ Energia dissipada de B a C} = 30 \% \Rightarrow E_{m(C)} = 0,70 E_{m(B)}$$

Como na trajetória de A a B a energia potencial é nula e como a ciclista para em C, pode escrever-se:

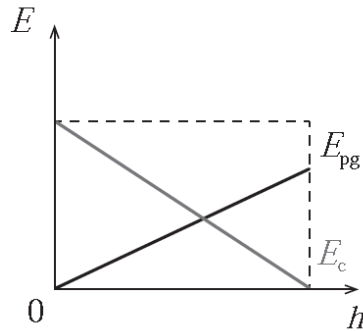
$$E_{p(C)} = 0,70 E_{c(B)} \Leftrightarrow m g h_C = 0,70 \times \frac{1}{2} m v_B^2 \Leftrightarrow h_C = 0,70 \times \frac{v_B^2}{2 g} \Rightarrow h_C = 0,70 \times \frac{8,3^2}{2 \times 10} = 2,4 \text{ m}$$

$$\text{A inclinação de B a C} = \frac{2,4}{40} \times 100 = 6,0\% .$$

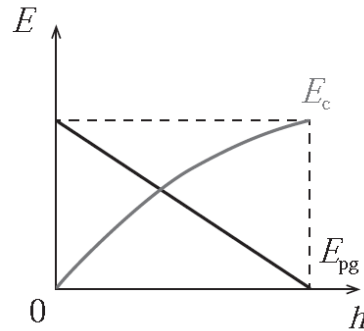
Como a inclinação recomendada é inferior a 5%, conclui-se que esta não cumpre o recomendado.

4.2.3. Qual das opções seguintes pode representar os esboços dos gráficos da energia cinética, E_c , e da energia potencial gravítica, E_{pg} , do conjunto *ciclista + bicicleta + Terra*, em função da altura, h , correspondentes ao trajeto de B a C?

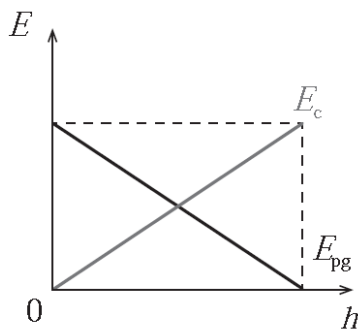
(A)



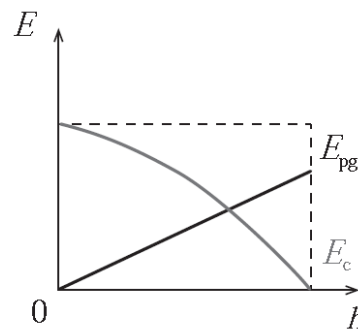
(B)



(C)



(D)



4.2.3. (A)

De B a C, a energia cinética diminui e a energia potencial aumenta, por isso eliminam-se as opções (B) e (C). Como as forças dissipativas são constantes, a resultante das forças que atuam no conjunto durante a subida é constante. Como $\Delta E_c = W_{F_R} \Leftrightarrow \Delta E_c = -(F_a d + P_l d)$ e como $d = \frac{h}{\sin \alpha}$, então, $\Delta E_c = -\left(F_a \frac{h}{\sin \alpha} + m g \sin \alpha \frac{h}{\sin \alpha}\right) \Leftrightarrow E_c = E_{c_{\text{inicial}}} - \left(\frac{F_a}{\sin \alpha} + m g\right) h$. Dado que F_a , $\sin \alpha$ e $m g$ são constantes, então a $E_c = f(h)$ é representada por uma reta de declive negativo, o que está de acordo com a opção (A).

5. No âmbito da agricultura inteligente (ou *smart farming*), aposta-se na hidroponia, uma técnica de cultivo de espécies vegetais que não necessita de solo e em que se usam ferramentas tecnológicas.

Esta forma de cultivo mais sustentável pode ser implantada em meio urbano, permite economizar água e reforça a segurança alimentar.

5.1. No processo de fotossíntese, as plantas não necessitam de absorver radiação em todo o espectro da luz visível. A *clorofila a*, nos cloroplastos das plantas, absorve fundamentalmente radiação com comprimentos de onda de 430 nm e de 660 nm.

Em hidroponia, utilizam-se circuitos com associações de vários LED, que emitem, cada um deles, radiação com um dos comprimentos de onda referidos anteriormente.

Na Figura 6, representam-se curvas características de dois tipos de LED, X e Y, que poderão ser utilizados em iluminação em estações hidropónicas.

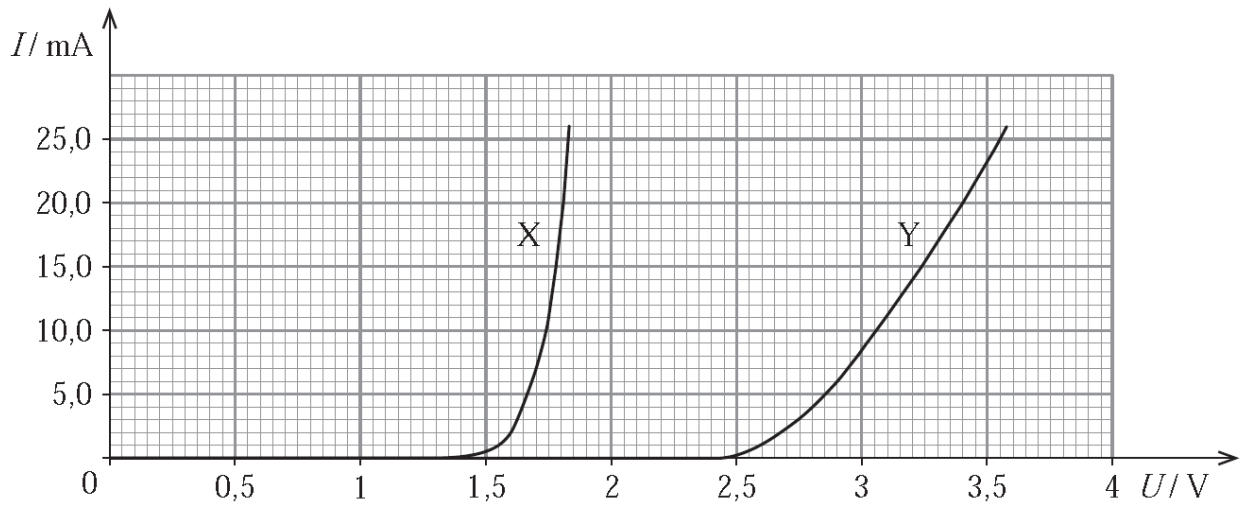


Figura 6

*** 5.1.1.** Para testar a adequação de dois LED, 1 e 2, montou-se um circuito elétrico no qual estes foram associados em paralelo com uma pilha ideal (de resistência interna nula) de força eletromotriz 9,0 V.

O circuito elétrico inclui ainda um aparelho de medida (amperímetro) e duas resistências elétricas, R e outra, de 360 Ω , de acordo com a Figura 7.

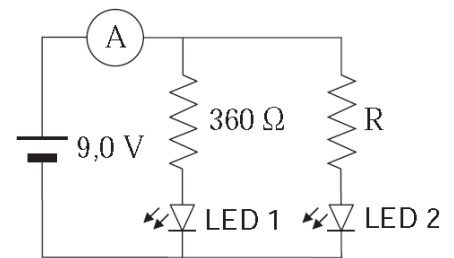


Figura 7

Para preservar a longevidade e o bom funcionamento dos LED, a corrente elétrica que atravessa cada LED não pode exceder 20 mA.

Dada esta condição, para uma corrente elétrica de 40 mA, lida no amperímetro, o valor de R é

- (A) 280 Ω , e o LED 2 corresponde ao LED Y da Figura 6.
- (B) 225 Ω , e o LED 2 corresponde ao LED Y da Figura 6.
- (C) 280 Ω , e o LED 2 corresponde ao LED X da Figura 6.
- (D) 225 Ω , e o LED 2 corresponde ao LED X da Figura 6.

5.1.1. (A)

Como os LED 1 e 2 estão associados em paralelo, $U_{\text{LED 1}} = U_{\text{LED 2}} = U$, com $U = 9,0 \text{ V}$.

Dado que $I = 40 \text{ mA}$ e $I_{\text{LED 1}}$ e $I_{\text{LED 2}}$ não podem ser superiores a 20 mA, então $I_{\text{LED 1}} = I_{\text{LED 2}} = 20 \text{ mA}$.

Da Figura 6 deduz-se que, para o LED X e para $I_{\text{LED X}} = 20 \text{ mA} = 20 \times 10^{-3} \text{ A}$, vem $U_{\text{LED X}} = 1,8 \text{ V}$.

Como

$$9,0 = 20 \times 10^{-3} R + 1,8 \Leftrightarrow R = \frac{9,0 - 1,8}{20 \times 10^{-3}} = 360 \Omega$$

Assim eliminam-se as hipóteses (C) e (D), pois não correspondem à curva X.

Da mesma Figura 6 também se deduz, para o LED Y e para $I_{\text{LED Y}} = 20 \text{ mA}$, é $U_{\text{LED Y}} = 3,4 \text{ V}$.

Assim,

$$9,0 = 20 \times 10^{-3} R + 3,4 \Leftrightarrow R = \frac{9,0 - 3,4}{20 \times 10^{-3}} = 280 \Omega$$

A opção correta é a (A).

Exame Nacional de 2022 - 2.ª Fase

1. O Sol emite luz, mas também fluxos de partículas que constituem o vento solar.

Estas partículas carregadas eletricamente, como prótons, eletrões e iões de hélio, interagem com o campo magnético terrestre, deformando-o.

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

- 1.3.2. O satélite SOHO está equipado com painéis fotovoltaicos.

Considere que a potência média da radiação solar por unidade de área, na órbita do satélite, é 1370 W m^{-2} e que o conjunto de painéis fotovoltaicos instalados no satélite tem um rendimento médio de 20%. Admita que a potência útil dos painéis é 1500 W.

Qual das expressões seguintes permite calcular a área total de painéis fotovoltaicos no SOHO?

(A) $\frac{1500 \times 0,20}{1370} \text{ m}^2$

(B) $\frac{1500}{1370 \times 0,20} \text{ m}^2$

(C) $\frac{1370 \times 0,20}{1500} \text{ m}^2$

(D) $\frac{1370}{1500 \times 0,20} \text{ m}^2$

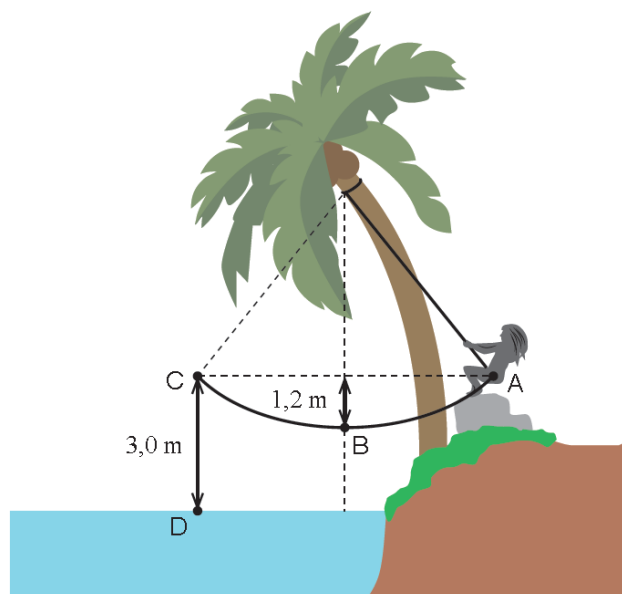
1.3.2. (B)

$$E_r = 1370 \text{ W m}^{-2}; \eta = 20\% = 0,20; P_{\text{útil}} = 1500 \text{ W}$$

$$E_r = \frac{P_{\text{rad}}}{A} \text{ e } \eta = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{rad}}} \Leftrightarrow \eta = \frac{P_{\text{útil}}}{E_r \times A} \Leftrightarrow A = \frac{P_{\text{útil}}}{E_r \times \eta} \Rightarrow A = \frac{1500}{1370 \times 0,20} \text{ m}^2$$

A opção correta é a (B).

2. Uma rapariga deixa-se baloiçar presa numa corda inextensível, que está atada a um coqueiro, como se representa na Figura 2 (que não está à escala).



A rapariga parte do repouso em A e oscila presa à corda até C, passando pelo ponto intermédio, B. Em A e em C, a rapariga encontra-se à mesma altura, considerando-se como nível de referência a superfície da água.

Considere que a rapariga pode ser representada pelo seu centro de massa, CM (modelo da partícula material), e que a resistência do ar é desprezável.

Considere a superfície da água como o nível de referência da energia potencial gravítica.

2.1. No movimento da rapariga entre os pontos A e B,

- (A) a variação da energia cinética da rapariga é nula.
- (B) apenas atuam, no CM da rapariga, forças conservativas.
- (C) apenas atuam, no CM da rapariga, forças não conservativas.
- (D) a variação da energia mecânica do sistema *rapariga + Terra* é nula.

2.

$$v_A = 0 \text{ m s}^{-1} ; h_A = h_C = 3,0 \text{ m} ; h_B = 3,0 - 1,2 = 1,8 \text{ m}$$

2.1. (D)

A rapariga parte do repouso na posição A e atinge a velocidade máxima em B, pelo que varia a energia cinética entre A e B.

As forças que atuam sobre a rapariga são: a força gravítica, força conservativa, e a tensão da corda, cujo trabalho é nulo, pois é perpendicular em cada ponto à trajetória. Assim, pode concluir-se que a variação de energia mecânica do sistema *rapariga + Terra* é nula.

A opção correta é a (D).

* 2.2. Ao atingir o ponto C, a rapariga larga a corda e cai verticalmente, atingindo a superfície da água no ponto D.

Mostre que a razão entre o módulo da velocidade da rapariga no ponto D, v_D , e o módulo da velocidade da rapariga no ponto B, v_B , ou seja, $\frac{v_D}{v_B}$, é 1,6.

2.2. Durante toda a trajetória descrita pela rapariga, desde A até D, há conservação de energia mecânica. Assim:

De A a B

$$\Delta E_c = -\Delta E_p \Leftrightarrow \frac{1}{2} m v_B^2 - 0 = -m g \Delta h \Rightarrow v_B^2 = 2 \times 10 \times 1,2 \Leftrightarrow v_B^2 = 24 (\text{m s}^{-1})^2$$

De C a D

A rapariga atinge C com velocidade nula.

$$\Delta E_c = -\Delta E_p \Leftrightarrow \frac{1}{2} m v_D^2 - 0 = -m g \Delta h \Rightarrow v_D^2 = 2 \times 10 \times 3,0 \Leftrightarrow v_D^2 = 60 (\text{m s}^{-1})^2$$

Então,

$$\frac{v_D}{v_B} = \sqrt{\frac{60}{24}} = 1,6$$

como se queria demonstrar.

4. Na Figura 5, está esquematizado um processo laboratorial destinado a estudar o aquecimento de uma amostra de água. Montou-se um circuito elétrico com uma pilha, um interruptor e uma resistência de imersão, R. Neste circuito, foram instalados dois aparelhos de medida, um voltímetro e um amperímetro.

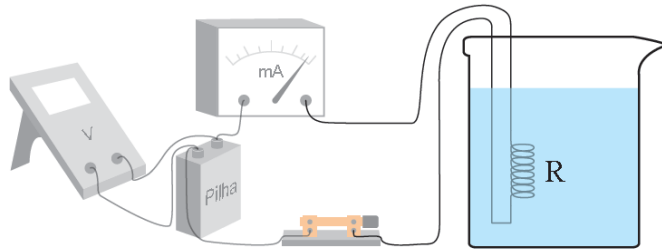
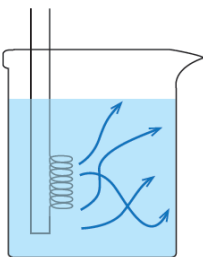


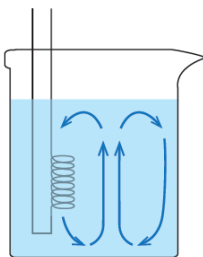
Figura 5

- * 4.1. Qual das opções seguintes pode representar o processo responsável pelo aquecimento da água nesta experiência?

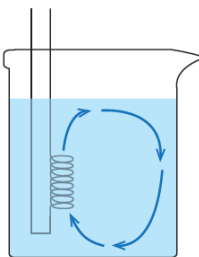
(A)



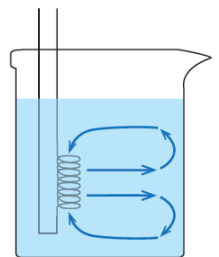
(B)



(C)



(D)



4.1. (C)

O processo representado responsável pelo aquecimento da água é a convecção.

A temperatura da água que está em contacto com a resistência aumenta, o que provoca uma diminuição da sua densidade. Logo, a água menos densa sobe, entrando em contacto com a água a temperaturas menores, arrefecendo. Consequentemente, a sua densidade aumenta, pelo que volta a descer, gerando, assim, as correntes de convecção ilustradas na opção (C).

- * 4.2. Num ensaio, foi aquecida uma amostra de água durante 10 minutos, usando-se uma resistência elétrica de imersão. Mediu-se a diferença de potencial, U , de 8,17 V nos terminais da resistência e a corrente elétrica, I , de 700 mA no circuito. Admita que estes valores se mantiveram constantes ao longo do ensaio.

Qual a energia dissipada pela resistência, por efeito Joule, durante este ensaio?

(A) 4,9 kJ

(B) 3,4 kJ

(C) 1,7 kJ

(D) 5,7 kJ

4.2. (B)

$$\Delta t = 10 \text{ min} = 600 \text{ s} ; U = 8,17 \text{ V} ; I = 700 \text{ mA} = 0,700 \text{ A}$$

$$E_{\text{dissipada}} = U I \Delta t \Rightarrow E_{\text{dissipada}} = 8,17 \times 0,700 \times 600 = 3,43 \times 10^3 \text{ J} \Leftrightarrow E_{\text{dissipada}} = 3,4 \text{ kJ}$$

A opção correta é a (B).

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 .

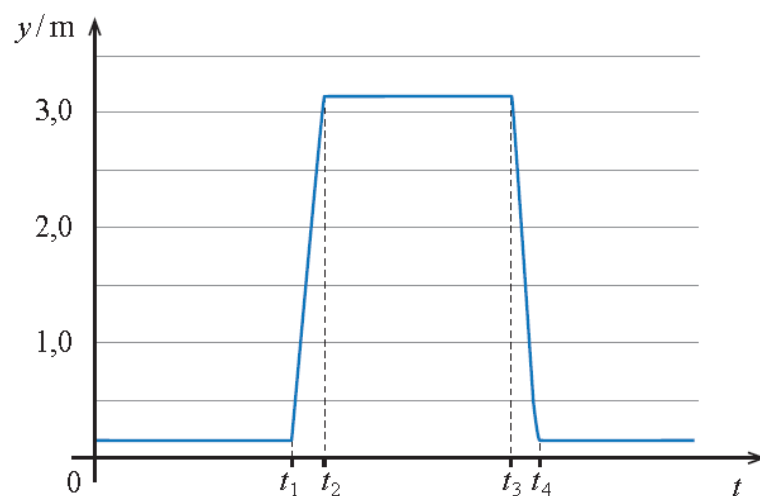


Figura 1

- 1.1.2. Em Marte, o trabalho realizado pela força gravítica que atua no helicóptero, no deslocamento entre a posição inicial e a altitude máxima, é

- (A) 54 J.
(B) 18 J.
(C) -18 J.
(D) -54 J.

1.1.2. Versão 1 – (C); Versão 2 – (B)

$$W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_{pg} = -mg\Delta h = -1,8 \times \frac{1}{3} \times 10 \times (3,2 - 0,2) = -18 \text{ J}$$

- * 1.3. A entrada da sonda na atmosfera de Marte foi uma das fases críticas da missão. A interação da sonda com a atmosfera provocou um aumento significativo da temperatura do seu revestimento.

Numa aproximação à situação real, esquematiza-se na Figura 2, que não está à escala, uma parte de um percurso retilíneo da sonda ao entrar na atmosfera marciana, entre a posição A e a posição B.

Admita que, sobre a sonda, atuam três forças constantes: a força gravítica, $\vec{F}_g$, uma força perpendicular à trajetória, $\vec{F}$, e a força de arrasto (força de atrito aerodinâmico), $\vec{F}_a$.

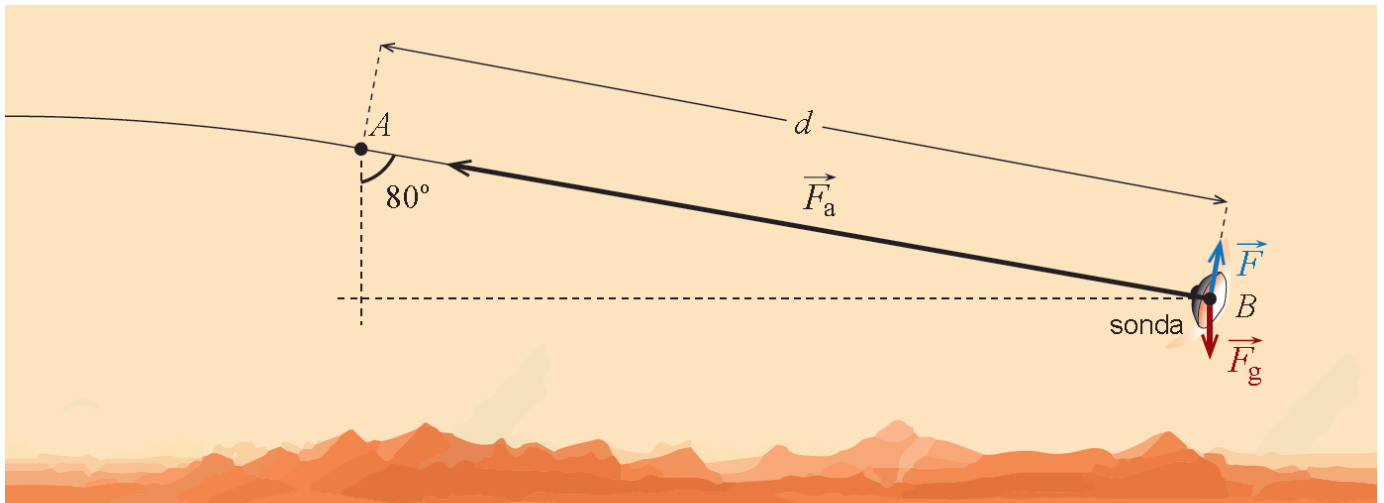


Figura 2

Admita que a sonda, de massa 1050 kg, passa pela posição A com uma velocidade de $16\,500\text{ km h}^{-1}$ e descreve uma trajetória que faz um ângulo de 80° com a vertical.

Considere que, no percurso entre A e B:

- a sonda perde 55% da sua energia cinética inicial;
- a intensidade da força de arrasto é, em média, 30 vezes superior à da força gravítica.

Determine a distância percorrida, d .

Apresente todos os cálculos efetuados.

*** 1.3.**

Este item pode ser resolvido por, pelo menos, dois processos.

1.º Processo

- Cálculo da variação da energia cinética da sonda no percurso entre A e B.

$$\sum_i W_i = \Delta E_c \quad W_{\vec{F}_a} + W_{\vec{F}_g} + W_{\vec{F}} = \Delta E_c$$

$$16\,500 \text{ km h}^{-1} \Rightarrow \frac{16\,500 \times 10^3 \text{ m}}{60 \times 60 \text{ s}} = \frac{v}{1 \text{ s}} \Leftrightarrow v = 4,58333 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$$

$$\Delta E_c = E_{cf} - E_{ci} =$$

$$= (0,45 \times E_{ci}) - E_{ci} = 0,45 \times \frac{1}{2} \times 1050 \times (4,58333 \times 10^3)^2 - \frac{1}{2} \times 1050 \times (4,58333 \times 10^3)^2 \Leftrightarrow$$

$$\Delta E_c = -6,07 \times 10^9 \text{ J}$$

- Cálculo do trabalho realizado pela força gravítica.

$$W_{\vec{F}_g} = F d \cos \alpha \quad W_{\vec{F}_g} = \left(1050 \times \frac{1}{3} \times 10\right) d \times \cos(80^\circ) = 608d \text{ J}$$

Portanto, como a intensidade da força de arrasto é, em média, 30 vezes superior à da força gravítica, tem-se

$$W_{\vec{F}_a} = 30 \times F_g \times d \times \cos(180^\circ) \quad W_{\vec{F}_a} = -30 \times \frac{1}{3} \times 1050 \times 10 = -1,05 \times 10^5 d \text{ J}$$

- Cálculo da distância percorrida pela sonda no percurso entre A e B.

$$608d - 1,05 \times 10^5 d = -6,07 \times 10^9 \Leftrightarrow d = 5,8 \times 10^4 \text{ m}$$

2.º Processo

Para este processo, não previsto nos critérios específicos de classificação, tem-se que a componente tangencial da força gravítica é $\cos(80^\circ) \times F_g = \cos(80^\circ) \times 1050 \times \frac{1}{3} \times 10 = 6,08 \times 10^2 \text{ N}$. A intensidade da força de atrito, por outro lado, é $30 \times F_g = 30 \times 1050 \times \frac{1}{3} \times 10 = 1,05 \times 10^5 \text{ N}$. Portanto, a distância é dada por

$$-6,07 \times 10^9 = [6,08 \times 10^2 - 1,05 \times 10^5] \times d \times \cos(180^\circ) \Leftrightarrow d = 5,8 \times 10^4 \text{ m}$$

5. Nas imediações de um lago, um vulcão entra em erupção, com libertação de grandes quantidades de dióxido de enxofre, SO_2 . Este gás reage com o dióxigénio atmosférico, O_2 , transformando-se em trióxido de enxofre, SO_3 .

* 5.2. A erupção de um vulcão pode libertar energia suficiente para vaporizar a água de um lago.

Calcule a energia, em unidades SI, necessária para vaporizar $59\,400\text{ m}^3$ de água no estado líquido, à pressão atmosférica normal.

Admita que, nas condições indicadas:

- a massa volúmica da água é $1,00\text{ g cm}^{-3}$;
- a temperatura inicial da água é $18,0\text{ }^\circ\text{C}$;
- a entalpia de vaporização da água é $2,26 \times 10^3\text{ kJ kg}^{-1}$.

Apresente todos os cálculos efetuados.

* 5.2.

- Cálculo da energia necessária para elevar a temperatura da água de $18\text{ }^\circ\text{C}$ a $100\text{ }^\circ\text{C}$.

$$\rho = 1,00\text{ g cm}^{-3} \Rightarrow \frac{1,00 \times 10^{-3}\text{ dm}^3}{1,00 \times 10^{-3}\text{ kg}} = \frac{59\,400 \times 10^3\text{ dm}^3}{m} \Leftrightarrow m = 5,940 \times 10^7\text{ kg}$$

$$E = mc\Delta\theta \quad E = 5,940 \times 10^7 \times 4,18 \times 10^3 \times (100 - 18,0) \Leftrightarrow E = 2,036 \times 10^{13}\text{ J}$$

- Cálculo da energia necessária à mudança de estado físico da água.

$$E = m\Delta H \quad E = 5,940 \times 10^7 \times 2,26 \times 10^3 \times 10^3 \Leftrightarrow E = 1,342 \times 10^{14}\text{ J}$$

- Cálculo da energia necessária à vaporização de $59\,400\text{ m}^3$ de água.

A energia total necessária é a soma dos valores de energia necessários, portanto

$$2,036 \times 10^{13}\text{ J} + 1,342 \times 10^{14}\text{ J} = 1,55 \times 10^{14}\text{ J}$$

7. Com o objetivo de determinar as características de uma pilha, um grupo de alunos montou um circuito elétrico, constituído por uma pilha, uma resistência variável e um interruptor. Foram também instalados dois aparelhos de medida (um voltímetro e um amperímetro), tal como se esquematiza na Figura 7.

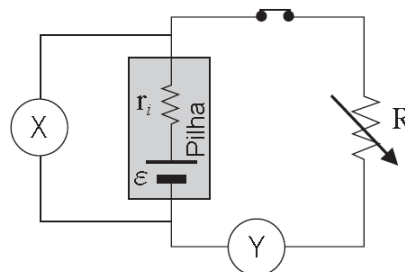


Figura 7

* 7.1. O voltímetro é o aparelho de medida representado por

- (A) X e está instalado em paralelo com a pilha.
- (B) X e está instalado em série com a pilha.
- (C) Y e está instalado em paralelo com a pilha.
- (D) Y e está instalado em série com a pilha.

* 7.1. Versão 1 – (A); Versão 2 – (C)

O voltímetro, sempre que ligado num circuito, deve estar em paralelo para medir a diferença de potencial elétrico entre dois pontos.

* 7.2. A força eletromotriz da pilha pode ser determinada antes da montagem do circuito, através de uma única medição direta.

Descreva esse procedimento e explique o seu fundamento.

* 7.2.

Tópicos de Resposta

- descreve o procedimento (ligar o voltímetro diretamente [aos terminais] da pilha);
- explica o fundamento (a resistência interna do voltímetro é muito elevada [quando comparada com a resistência interna da pilha]; logo $I \simeq 0 \text{ A}$; portanto, $U \simeq \varepsilon$ (ou equivalente)).

Exemplo de Resposta

Antes da montagem do circuito, de modo a obter a força eletromotriz da pilha, com uma única medição direta, deve-se ligar o voltímetro diretamente aos terminais da pilha. Deste modo, o voltímetro possui uma resistência interna muito elevada quando comparada com a resistência interna da pilha, pelo que a intensidade da corrente elétrica é aproximadamente nula e o valor lido no voltímetro é aproximadamente a força eletromotriz da pilha.

* 7.3. Na tabela seguinte, estão registados os valores da diferença de potencial, U , e da corrente elétrica, I , medidos para cada valor de resistência elétrica introduzida no circuito.

Ensaio	1.º	2.º	3.º	4.º	5.º	6.º
U / V	8,41	8,05	7,58	6,01	6,31	5,70
I / A	0,10	0,21	0,32	0,38	0,61	0,74

Ao traçar o gráfico de U , em função de I , os alunos perceberam que um dos pares de valores experimentais não acompanhava a tendência linear dos restantes. Na determinação das características da pilha, decidiram eliminar esse par de valores.

Apresente as características da pilha, com dois algarismos significativos.

Na resposta:

- identifique o par de valores experimentais que os alunos eliminaram;
- apresente a equação da reta de ajuste ao gráfico de U , em função de I (para os cinco ensaios considerados).

*** 7.3.**

O ensaio a eliminar é o 4.º ensaio (observar, na calculadora gráfica, que o 4.º ensaio está fora da tendência linear, pelo que podemos confirmar que este ensaio é o ensaio problemático).

A equação de reta de ajuste ao gráfico é dada por $U = \varepsilon - rI$ $U = -4,3I + 8,9$ (V)

Portanto, a força eletromotriz da pilha é $\varepsilon = 8,9$ V, e a resistência interna da pilha é $r_i = 4,3 \Omega$.

Exame Nacional de 2021 - Época Especial

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).

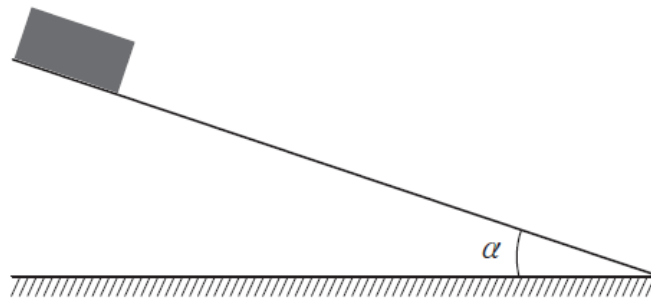


Figura 4

- * 3.1.** Numa série de ensaios, o corpo, de massa 189,2 g, foi abandonado de cinco posições diferentes. Admita que a resultante das forças que nele atuam é constante.

Na tabela, estão registadas as distâncias, d , percorridas pelo corpo sobre o plano inclinado e as energias cinéticas, E_c , do corpo, ao percorrer aquelas distâncias.

d / mm	E_c / mJ
200	33,0
300	51,3
400	67,7
500	84,0
600	102

Determine o módulo da aceleração do corpo.

Na resposta:

- deduza uma expressão que mostre uma relação linear de E_c em função de d ;
- apresente a equação da reta de ajuste ao gráfico de E_c em função de d ;
- calcule o valor solicitado com três algarismos significativos, a partir da equação da reta de ajuste.

Apresente todos os cálculos efetuados.

*** 3.1.**

- Dedução da expressão que relaciona E_c com d .

$$\sum_i W_i = \Delta E_c \Rightarrow E_c = F_R d \cos \theta \Leftrightarrow E_c = F_R d$$

- Obtenção da equação da reta de ajuste ao gráfico.

$$E_c = 0,1707 - 6,800 \times 10^{-4} \quad (\text{SI})$$

- Cálculo do módulo da aceleração do corpo

$$F_R = 0,1707 \Leftrightarrow ma = 0,1707 \Leftrightarrow a = \frac{0,1707}{0,1892} = 0,902 \text{ m s}^{-2}$$

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

5.1. Um satélite geoestacionário possui painéis fotovoltaicos cuja área total é $6,0 \text{ m}^2$.

Considere que a irradiância solar média é $1,25 \text{ kW m}^{-2}$ e que, ao fim de uma órbita, a energia elétrica produzida pelos painéis é 22 kW h .

O rendimento médio dos painéis fotovoltaicos será

- (A) 49% (B) 34% (C) 24% (D) 12%

5.1. Versão 1 – (D); Versão 2 – (C)

$$E_r = \frac{P}{A} \Leftrightarrow P = 1,25 \times 6,0 = 7,50 \text{ kW}$$

$$E = P \Delta t \Leftrightarrow E = 7,50 \times 10^3 \times (60 \times 60 \times 24) = 6,48 \times 10^8 \text{ J}$$

$$1 \text{ kW h} = 1 \times 10^3 \times 3600 = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$$

$$\frac{1 \text{ kW h}}{3,6 \times 10^6 \text{ J}} = \frac{E}{6,48 \times 10^8 \text{ J}} \Leftrightarrow E = 1,80 \times 10^2 \text{ kW h}$$

$$\eta(\%) = \frac{\eta_{\text{útil}}}{\eta_{\text{total}}} \times 100\% \Leftrightarrow \eta(\%) = \frac{22}{180} \times 100\% = 12\%$$

7. Na Figura 7, está esquematizado um circuito elétrico com os seguintes componentes:

- uma pilha, de força eletromotriz 9,0 V e resistência interna 1,5 Ω ;
- três componentes puramente resistivos (R_1 , R_2 e R_3), com a mesma resistência elétrica;
- um amperímetro ideal;
- um interruptor.

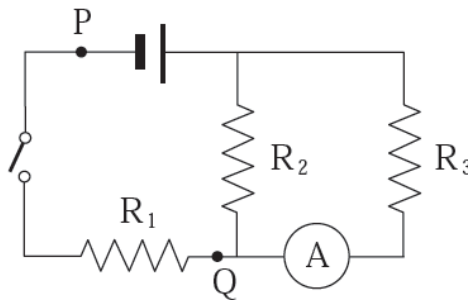


Figura 7

* 7.1. Qual a diferença de potencial elétrico entre os pontos P e Q quando o interruptor está aberto?

* 7.2. Com o interruptor fechado, o amperímetro regista 0,25 A.

Determine a potência total dissipada nos três componentes puramente resistivos.

Apresente todos os cálculos efetuados.

* 7.1. 9,0 V

A diferença de potencial elétrico é de 9,0 V, pois, com o interruptor aberto, a tensão elétrica no ponto Q é de 0 V. No entanto, no ponto P, a tensão elétrica é de 9,0 V, já que o ponto está ligado diretamente com a bateria.

* 7.2.

- Cálculo da corrente elétrica fornecida pela pilha

$$\left. \begin{array}{l} U_{R_2} = U_{R_3} \\ R_2 = R_3 \end{array} \right\} \Rightarrow I_{R_2} = I_{R_3}$$

$$I_{\text{total}} = I_{R_2} + I_{R_3} \Rightarrow I_{\text{total}} = 0,25 + 0,25 = 0,50 \text{ A}$$

- Cálculo da diferença de potencial elétrico nos terminais da pilha

$$U = \varepsilon - rI \Rightarrow U = 9,0 - 1,5 \times 0,50 = 8,25 \text{ V}$$

- Cálculo da potência total dissipada nos três componentes puramente resistivos

$$P = UI \Rightarrow P = 8,25 \times 0,50 = 4,1 \text{ W}$$

Exame Nacional de 2021 - 2.ª Fase

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).

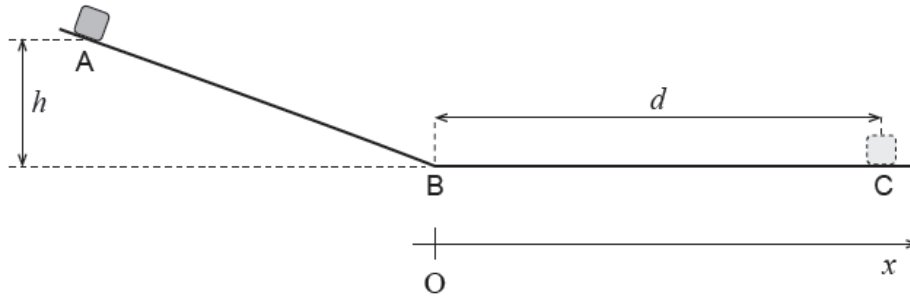


Figura 1

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.

- * 4.1. Entre as posições A e C, o módulo do trabalho realizado pela força gravítica que atua no corpo, $|W_{\vec{F}_g}|$, é igual ao módulo do trabalho realizado pela resultante das forças de atrito que atuam no corpo, $|W_{\vec{F}_a}|$. Comprove esta afirmação, explicitando o seu raciocínio.

* 4.1.

Tópicos de Resposta

- reconhecimento de que a variação da energia cinética entre A e C é nula;
OU
reconhecimento de que a variação da energia cinética entre A e B é simétrica da variação da energia cinética entre B e C;
- referência a que, entre A e C, a variação da energia cinética seja igual à soma de $W_{\vec{F}_g}$ e $W_{\vec{F}_a}$;
OU
referência a que, entre A e B, a variação da energia cinética seja igual a $W_{\vec{F}_g}$ e a que, entre B e C, a variação da energia cinética seja igual a $W_{\vec{F}_a}$.

Exemplo de Resposta

A variação da energia cinética entre A e B é simétrica da variação da energia cinética entre B e C. Como há conservação da energia mecânica no plano inclinado, a variação da energia cinética é igual ao trabalho da força gravítica. Também, entre B e C, a variação da energia cinética é igual ao trabalho da força de atrito. Assim, comprova-se o pretendido, ou seja, entre as posições A e C, $|W_{\vec{F}_g}| = |W_{\vec{F}_a}|$.

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

* 6.1. O aumento da energia cinética do corpo é diretamente proporcional à _____ corpo, sendo _____ diminuição da energia potencial gravítica do sistema *corpo + Terra*.

- (A) distância percorrida pelo ... igual à
- (B) distância percorrida pelo ... diferente da
- (C) velocidade do ... diferente da
- (D) velocidade do ... igual à

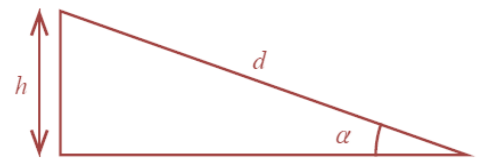
* 6.1. Versão 1 – (A); Versão 2 – (B)

Considerando que no plano as forças dissipativas são desprezáveis, vem que

$$\sum_i W_i = \Delta E_c \Leftrightarrow \Delta E_c = W_{\vec{p}} \Leftrightarrow \Delta E_c = -mg\Delta h \Leftrightarrow \Delta E_c = mgh \Leftrightarrow \Delta E_c = mg \sin \alpha d$$

Além disso, a energia cinética é diretamente proporcional ao quadrado da velocidade, e não à velocidade ($E_c = \frac{1}{2}mv^2$)

Considerando que há conservação da energia mecânica ($E_m = E_c + E_p$), a diminuição da energia potencial gravítica é igual ao aumento da energia cinética.



7. As baterias e as pilhas são geradores de tensão contínua.

7.1. Considere duas baterias ideais (baterias cujas resistências internas podem ser consideradas nulas) idênticas e dois componentes puramente resistivos, P e Q, de resistências 8 kΩ e 24 kΩ, respetivamente. Uma das baterias é ligada a P e a outra é ligada a Q.

A energia fornecida a P, relativamente à energia fornecida a Q, num mesmo intervalo de tempo, é

- (A) 9 vezes menor.
- (B) 3 vezes menor.
- (C) 3 vezes maior.
- (D) 9 vezes maior.

7.1. Versão 1 – (C); Versão 2 – (B)

$$E_P = P_P \Delta t$$

$$E_Q = P_Q \Delta t$$

$$P_P = \frac{U^2}{R_P}$$

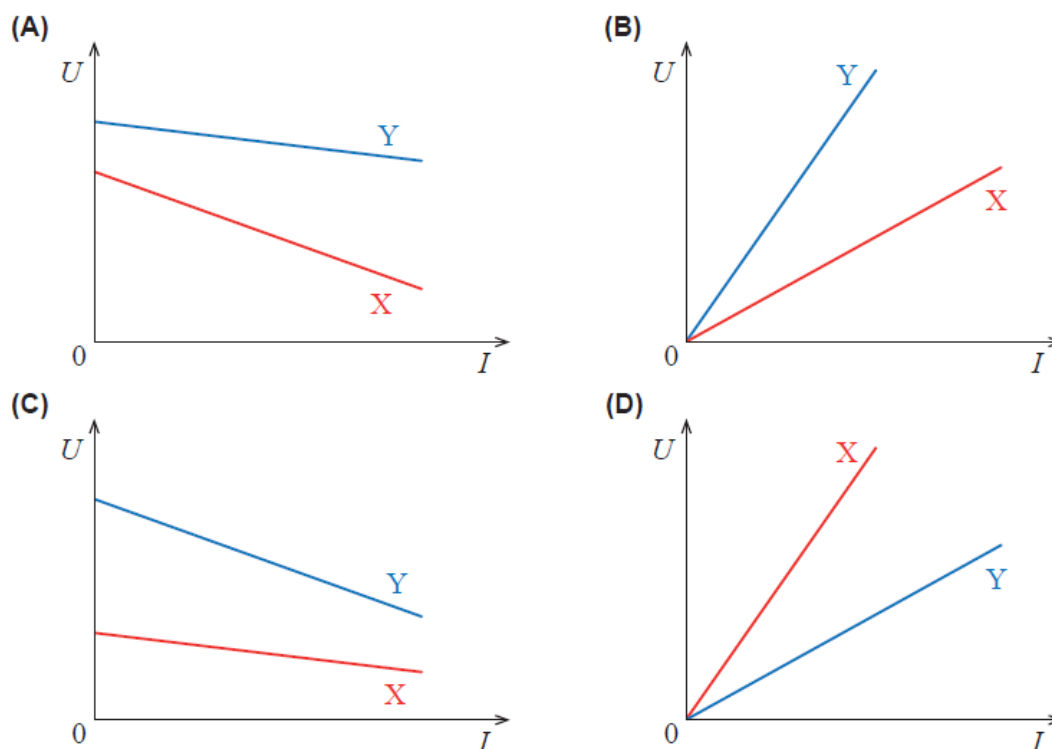
$$P_Q = \frac{U^2}{R_Q}$$

$$\frac{E_P}{E_Q} = \frac{P_P}{P_Q} = \frac{R_Q}{R_P} = \frac{24 \text{ k}\Omega}{8 \text{ k}\Omega} = 3$$

7.2. Considere duas pilhas novas, X e Y, com as mesmas características.

A pilha X foi utilizada para alimentar um circuito elétrico durante um intervalo de tempo significativo. A pilha Y não foi utilizada.

Qual dos esboços de gráfico seguintes pode traduzir as diferenças de potencial elétrico, U , nos terminais das pilhas X e Y, em função da corrente elétrica, I , fornecida?



7.2. Versão 1 – (A); Versão 2 – (D)

Quando uma pilha é usada, a sua força eletromotriz diminui. A resistência interna aumenta com o uso. Como $U = \varepsilon - rI$, a ordenada na origem será igual a ε . Como a resistência interna aumenta, o declive do gráfico será mais acentuado.

Exame Nacional de 2021 - 1.ª Fase

1. Em meados do século XIX, James Joule estabeleceu a equivalência entre trabalho e calor, comparando a energia transferida como trabalho, necessária para obter um determinado aumento de temperatura numa amostra de água, com a energia transferida como calor para obter o mesmo efeito.

Joule utilizou um dispositivo semelhante ao esquematizado na Figura 1, no qual dois discos de chumbo (D_1 e D_2) eram elevados a uma determinada altura. Quando os discos caíam, faziam rodar um sistema de pás mergulhado na água contida num recipiente. O movimento rotativo das pás provocava a agitação da água, o que conduzia a um aumento da sua temperatura.

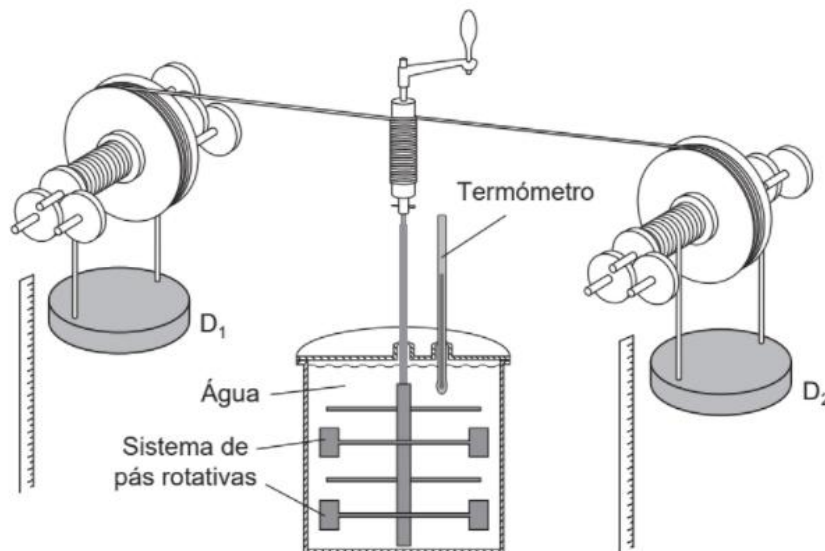


Figura 1

A massa total dos discos era 26,3 kg e a massa da água contida no recipiente era 6,04 kg.

A partir dos resultados obtidos numa série de experiências, Joule verificou que, após 20 quedas sucessivas de uma mesma altura de 1,60 m, o aumento de temperatura da água era, em média, 0,313 °C.

- * 1.1. Admita que, naquela série de experiências, o aumento da energia interna da água foi, em média, 95,2% da diminuição da energia potencial gravítica do sistema *discos + Terra* que resultou das 20 quedas sucessivas dos discos.

Considere que, no local onde foram realizadas as experiências, o módulo da aceleração gravítica era $9,81 \text{ m s}^{-2}$.

Determine, a partir dos resultados de Joule, a capacidade térmica mássica da água.

Apresente todos os cálculos efetuados.

*** 1.1.**

- Calcula a diminuição da energia potencial gravítica do sistema *discos + Terra* numa queda dos discos.

$$|\Delta E_p| = |mg\Delta h| \Leftrightarrow |\Delta E_p| = |26,3 \times 9,81 \times (-1,60)| \Leftrightarrow |\Delta E_p| = 4,128 \times 10^2 \text{ J}$$

Logo, para as 20 quedas, vem $4,128 \times 10^2 \times 20 = 8,256 \times 10^3 \text{ J}$

- Calcula o aumento da energia interna da água.

$$\Delta U = W + Q \Leftrightarrow \Delta U = W + 0 \Leftrightarrow \Delta U = W$$

Como o aumento da energia interna foi de 95,2%, vem $\frac{95,2}{100} \times 8,256 \times 10^3 = 7,860 \times 10^3 \text{ J}$

- Calcula a capacidade térmica mássica da água.

$$E = mc\Delta T \Leftrightarrow 7,860 \times 10^3 = 6,04 \times c \times 0,313 \Leftrightarrow c = 4,16 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

*** 1.2.** Considere que, durante uma parte do percurso, os discos caíram com velocidade constante.

Qual foi a soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuaram nos discos, nessa parte do percurso?

*** 1.2.** Zero.

Como referido no enunciado do item, «os discos caíram com velocidade constante». Assim, vem que

$$\sum_i W_i = \Delta E_c \Leftrightarrow \sum_i W_i = \frac{1}{2} m (\underbrace{v_f^2 - v_i^2}_{=0}) \Leftrightarrow \sum_i W_i = 0 \text{ J}$$

2. Um LED (Light Emitting Diode) é um dispositivo que emite luz com elevada eficiência.

Na Figura 2, representa-se o gráfico da corrente elétrica, I , num LED, em função da diferença de potencial elétrico, U , nos seus terminais (curva característica do LED).

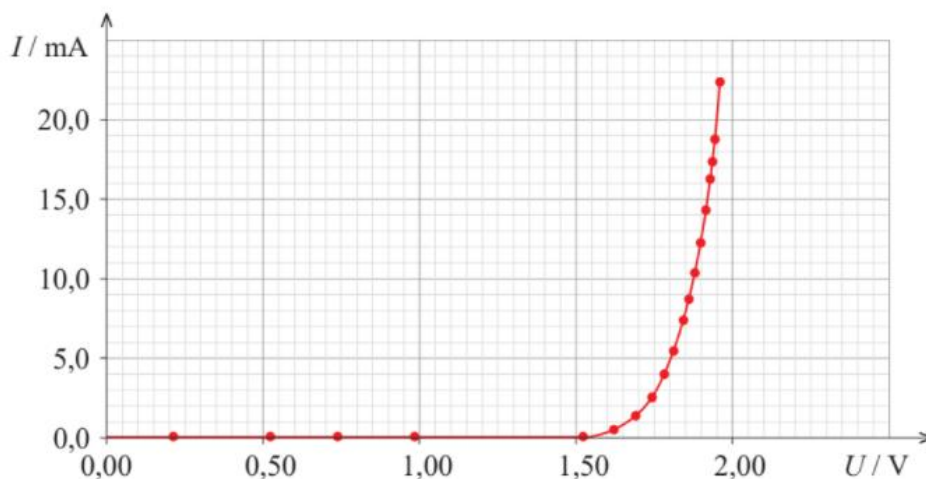
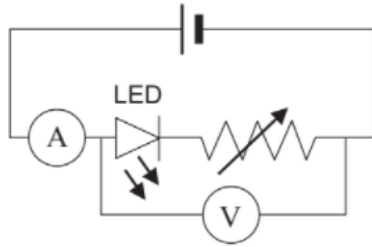


Figura 2

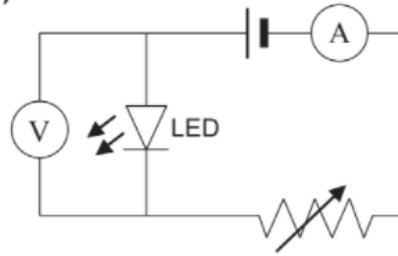
Para se obter a curva característica do LED, montou-se um circuito no qual o LED se encontrava ligado em série a um reóstato e a uma pilha ideal (pilha cuja resistência interna pode ser considerada nula) de força eletromotriz 4,50 V. Nesse circuito, introduziram-se ainda dois aparelhos de medida adequados.

* 2.1. Qual dos esquemas seguintes representa o circuito que permite obter a curva característica do LED?

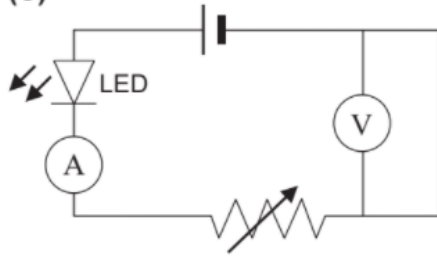
(A)



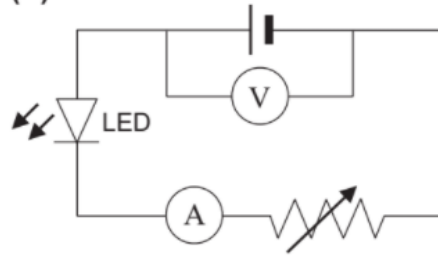
(B)



(C)



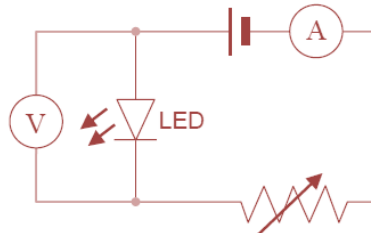
(D)



* 2.1. Versão 1 – (B); Versão 2 – (C)

Como referido no enunciado, a curva característica é do LED, pelo que é medida a diferença de potencial nos terminais deste LED. Na figura abaixo, representa-se, em azul, os terminais do voltímetro.

É importante mencionar que o voltímetro não está em série, mas sim em paralelo. As opções (A) e (B) estão incorretas, pois não representam a diferença de potencial nos terminais do LED.



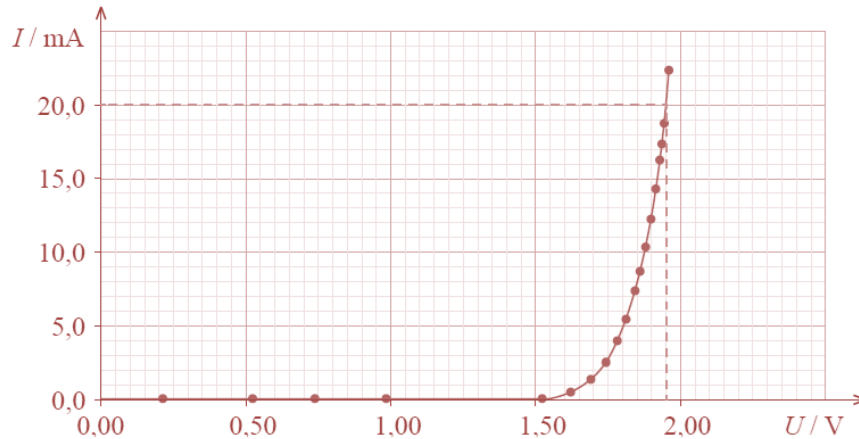
* 2.2. Caso os terminais do LED tivessem sido ligados diretamente à pilha, a corrente elétrica seria superior à que o LED suporta e este acabaria por se queimar. Ao introduzir-se o reóstato em série no circuito, a corrente elétrica no LED pode ser controlada.

Determine qual deverá ser o valor da resistência elétrica mínima introduzida pelo reóstato, para que a corrente elétrica no LED não exceda 20 mA.

Apresente todos os cálculos efetuados.

- Obtém, a partir do gráfico, a diferença de potencial nos terminais do LED para uma corrente elétrica de 20 mA.

Por observação direta do gráfico, vem que o resultado é de 1,95 V.



- Calcula a diferença de potencial elétrica mínima nos terminais do reóstato.

$$U_{\text{total}} = U_{\text{LED}} + U_{\text{reóstato}} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow 4,50 = 1,95 + U_{\text{reóstato}} \Leftrightarrow U_{\text{reóstato}} = 2,55 \text{ V}$$

- Calcula o valor da resistência elétrica mínima introduzida pelo reóstato.

$$U_{\text{reóstato}} = RI \Leftrightarrow 2,55 = R \times 20 \times 10^{-3} \Leftrightarrow R = 1,3 \times 10^2 \Omega$$

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 $t = 0,0 \text{ s}$, passando pela posição B, ao fim de 1,0 s, e atingindo a posição C, no instante $t = 1,5 \text{ s}$.



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 .

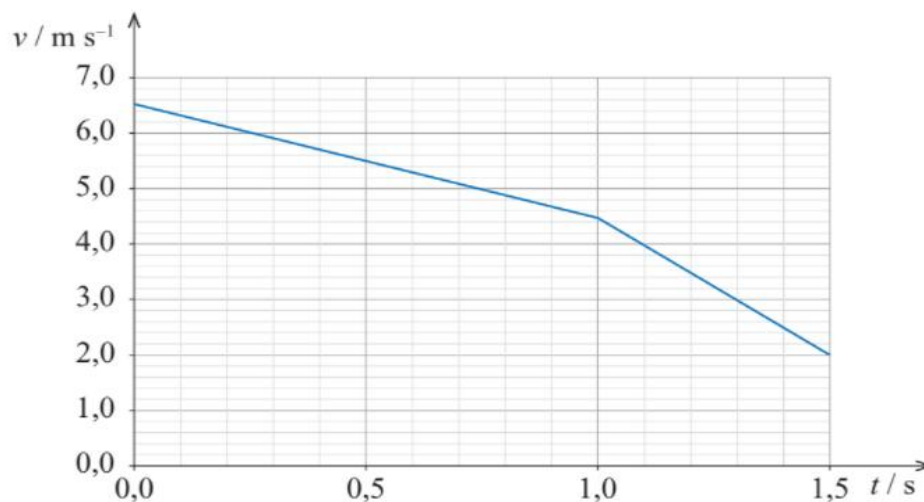


Figura 5

9.3. Considere:

- ΔE_c a variação de energia cinética do corpo;
- ΔE_{pg} a variação de energia potencial gravítica do sistema *corpo + Terra*;
- $\sum_i W_i$ a soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam no corpo;
- $W_{\vec{F}_g}$ o trabalho realizado pela força gravítica que atua no corpo.

Pode afirmar-se que no percurso do corpo entre as posições A e C

(A) $|\Delta E_c| < |\Delta E_{pg}|$ e $|\sum_i W_i| < |W_{\vec{F}_g}|$

(B) $|\Delta E_c| < |\Delta E_{pg}|$ e $|\sum_i W_i| > |W_{\vec{F}_g}|$

(C) $|\Delta E_c| > |\Delta E_{pg}|$ e $|\sum_i W_i| < |W_{\vec{F}_g}|$

(D) $|\Delta E_c| > |\Delta E_{pg}|$ e $|\sum_i W_i| > |W_{\vec{F}_g}|$

9.3. Versão 1 – (D); Versão 2 – (A)

$$|\Delta E_c| = \left| \frac{1}{2} m (v_f^2 - v_i^2) \right| = \left| \frac{1}{2} m (2,0^2 - 6,45^2) \right| \approx 18,8 m = \left| \sum_i W_i \right|$$

$$d_{\text{subida}} = \frac{(1,5 - 1,0) \times (4,45 - 2,0)}{2} = 0,6 \text{ m} \Rightarrow h = \sin 30^\circ \times 0,6 = 0,3 \text{ m} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow |\Delta E_{pg}| = |mgh| = 3m = |W_{\vec{F}_g}|$$

$$\text{Logo, } |\Delta E_c| > |\Delta E_{pg}| \text{ e } \left| \sum_i W_i \right| > |W_{\vec{F}_g}|$$

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).

2. O trabalho realizado pela força gravítica que atua em cada uma das bolas, desde a posição em que a bola é lançada até atingir o solo, depende

- (A) da velocidade com que a bola é lançada.
- (B) da altura máxima atingida pela bola.
- (C) da distância percorrida pela bola até atingir o solo.
- (D) da distância da bola ao solo na posição em que é lançada.

2. (D)

A força gravítica é uma força conservativa, isto é, o trabalho realizado por esta força é independente da trajetória, dependendo apenas da posição inicial e final.

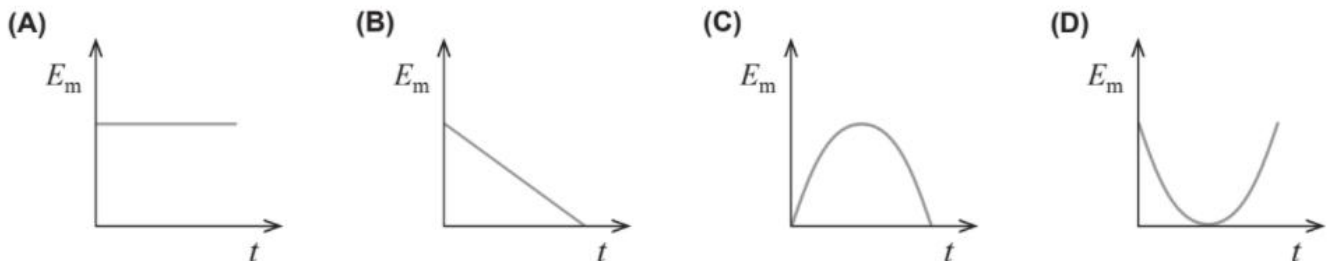
O trabalho realizado pela força gravítica, durante qualquer percurso, é simétrico da variação da energia potencial gravítica.

$$\text{Assim, } W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_p = mg(h - h_0).$$

Como, para cada uma das bolas, m é constante, o trabalho realizado pela força gravítica que atua em cada uma das bolas, desde a posição em que a bola é lançada até atingir o solo, depende, exclusivamente, da distância da bola ao solo na posição em que é lançada, o que está de acordo com a opção (D).

4. Considere o movimento da bola de basquetebol desde o instante imediatamente após a primeira colisão com o solo até ao instante imediatamente antes da segunda colisão com o solo.

Qual dos esboços de gráfico seguintes pode representar a energia mecânica, E_m , do sistema *bola de basquetebol + Terra*, em função do tempo, t , no movimento considerado?



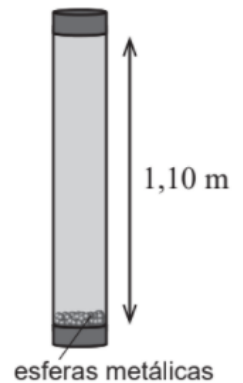
4. (A)

Considerando desprezável a resistência do ar, após a primeira colisão com o solo até ao instante imediatamente anterior ao da segunda colisão com o solo, a única força que atua sobre a bola é o peso, que é uma força conservativa. Num sistema conservativo, há conservação de energia mecânica, $E_m = \text{constante}$. Assim, a única opção que está de acordo com esta condição é a (A).

GRUPO II

A Figura 1 representa um tubo cilíndrico de altura 1,10 m, fechado em ambas as extremidades. O tubo contém pequenas esferas metálicas.

Ao inverter-se rapidamente o tubo, as esferas caem, praticamente na vertical, colidindo com a base inferior do tubo. Repetindo diversas vezes este procedimento, verifica-se um aumento da temperatura das esferas.



1. Identifique o principal processo de transferência de energia responsável pelo aumento da temperatura das esferas.

1. O principal processo de transferência de energia responsável pelo aumento de temperatura das esferas é o trabalho.

Durante a colisão das esferas com a base inferior do tubo, a energia cinética que elas adquiriram durante a queda vai ser anulada pelo trabalho de forças resistentes no interior das esferas, que provocam maior agitação das partículas constituintes, manifestando-se macroscopicamente por um aumento de temperatura.

2. Considere o intervalo de tempo desde o instante em que as esferas iniciam a queda, após uma dada inversão, até ao instante imediatamente após a sua colisão com a base inferior do tubo, e considere que a transferência de energia das esferas para o tubo não é desprezável.

No intervalo de tempo considerado, _____ da energia mecânica do sistema *esferas + Terra* é _____ à variação da energia interna das esferas.

- (A) o aumento ... superior
- (B) o aumento ... inferior
- (C) a diminuição ... superior
- (D) a diminuição ... inferior

2. (C)

No intervalo de tempo considerado, na colisão das esferas com a base do tubo ocorre uma **diminuição** da energia mecânica do sistema *esferas + Terra*, pois, como foi dito no enunciado, considera-se que a transferência de energia das esferas para o tubo não é desprezável. Assim, parte da energia mecânica perdida, foi transferida para o tubo e outra parte, foi responsável pelo aumento da energia interna das esferas. Então, a diminuição da energia mecânica do sistema *esferas + Terra* tem de ser **superior** à variação da energia interna das esferas, o que está de acordo com a opção (C).

3. A experiência foi realizada com esferas de chumbo de massa total m , tendo sido repetida com esferas de ferro, com a mesma massa total. Em cada experiência, o tubo foi invertido 50 vezes.

A capacidade térmica mássica do chumbo é $129 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$, sendo a capacidade térmica mássica do ferro superior.

Considere que a transferência de energia entre as esferas e a sua vizinhança é desprezável.

3.1. Determine o aumento da temperatura das esferas de chumbo na experiência realizada.

Explicite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

$$\begin{aligned} 3. \quad m(\text{Pb}) &= m(\text{Fe}) & c(\text{Fe}) > c(\text{Pb}) \\ n &= 50 & h &= 1,10 \text{ m} \\ c(\text{Pb}) &= 129 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \end{aligned}$$

- 3.1. Definindo a base inferior do tubo como a posição a que corresponde uma energia potencial gravítica nula, e como $E_p = mgh$, na queda das esferas, a energia potencial gravítica de cada esfera diminui. Assim, a variação de energia potencial, em função de m , é:

$$\Delta E_p = mg \times (0 - h) = -m \times 10 \times 1,10 = -11,0m \text{ J}.$$

Como o tubo foi invertido 50 vezes, a variação de energia potencial gravítica do sistema *esferas + Terra* em função de m é:

$$\Delta E_p = 50 \times (-11,0m) = -550m \text{ J}.$$

Como, $W_p = -\Delta E_p$, $W_p = 550m \text{ J}$.

Considerando desprezável a transferência de energia entre as esferas e a sua vizinhança, o trabalho realizado pelo peso das esferas, nos percursos realizados, é integralmente transferido para as esferas, como calor, provocando um aumento da sua energia interna.

Como $E = mc\Delta T$, para as esferas de chumbo vem:

$$550m = m \times 129 \times \Delta T \Leftrightarrow \Delta T = \frac{550m}{129m} = 4,26 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

O aumento de temperatura das esferas de chumbo na experiência realizada é 4,3 J.

- 3.2.** Conclua se, nas experiências realizadas, o aumento da temperatura das esferas de ferro terá sido maior, igual ou menor do que o aumento da temperatura das esferas de chumbo.

Mostre como chegou à conclusão solicitada.

- 3.2. A quantidade de energia transferida por calor, E , para as esferas é igualmente $550m \text{ J}$. A massa total das esferas de chumbo é igual à massa total das esferas de ferro e $c(\text{Fe}) > c(\text{Pb})$.

Como $E = mc\Delta T$, para uma mesma variação de energia interna e a mesma massa, uma maior capacidade térmica mássica implica uma menor variação de temperatura.

Assim, pode concluir-se que o aumento de temperatura das esferas de ferro terá sido menor do que o aumento de temperatura das esferas de chumbo.

GRUPO III

4. Considere o circuito esquematizado na Figura 5, em que R_1 e R_2 representam dois condutores óhmicos e G é um gerador que pode ser considerado ideal (um gerador cuja resistência interna pode ser considerada nula).

Quando o interruptor k_2 está aberto, é medida uma corrente elétrica I no amperímetro (ideal).

Preveja se a corrente elétrica medida pelo amperímetro aumenta, diminui ou se mantém constante quando se fecha o interruptor k_2 .

Mostre como chegou à previsão solicitada.

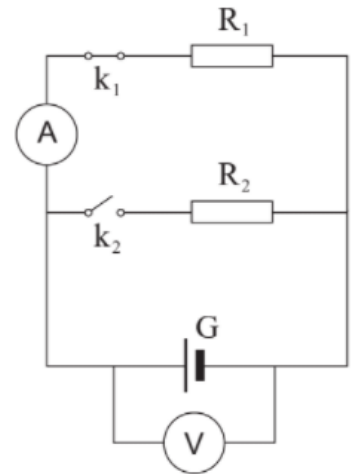


Figura 5

4. Sendo o gerador ideal, a f.e.m. é igual à diferença de potencial, pois, como $U = \varepsilon - rI$, em que r seria a resistência interna do gerador, que é nula num gerador ideal.

Assim, $U = \varepsilon$.

Como os dois condutores óhmicos R_1 e R_2 estão ligados em paralelo, a diferença de potencial elétrico nos terminais do gerador é igual à diferença de potencial elétrico nos terminais do condutor R_1 , quer o interruptor k_2 esteja aberto ou fechado.

De acordo com a Lei de Ohm, $U = RI$, e como a diferença de potencial elétrico nos terminais do gerador, U , é igual à diferença de potencial elétrico nos terminais do condutor R_1 , quer o interruptor k_2 esteja aberto ou fechado, conclui-se que a diferença de potencial elétrico nos terminais do gerador é independente da corrente.

Assim, a corrente elétrica medida pelo amperímetro mantém-se constante quando se fecha o interruptor k_2 .

ou

Quando o interruptor k_2 está aberto e no amperímetro passa uma corrente I_1 , vem que $U = R_1 I_1$.

Quando o interruptor k_2 está fechado, admita-se que no amperímetro passa uma corrente I_2 . Neste caso, a diferença de potencial seria $U = R_1 I_2$, mas sendo $U = \varepsilon$, que se mantém constante, então $R_1 I_1 = R_2 I_2$.

Assim, $I_1 = I_2$, o que evidencia que a corrente elétrica medida pelo amperímetro se mantém constante quando se fecha o interruptor k_2 .

GRUPO I

6. A água, presente nos estados sólido, líquido e gasoso na atmosfera terrestre, é uma substância peculiar, pois as propriedades que a caracterizam, como a variação de entalpia de vaporização e a capacidade térmica mássica, apresentam valores muito diferentes dos que seriam expectáveis.

6.2. Para vaporizar uma amostra de água que se encontre à temperatura de ebulição, à pressão atmosférica normal, é necessário 7,2 vezes mais energia do que para aquecer essa amostra de 25 °C até 100 °C.

A energia envolvida na vaporização de 1,0 g de água que se encontra à temperatura de ebulição será, aproximadamente,

(A) $3,0 \times 10^3 \text{ J}$

(B) $2,3 \times 10^3 \text{ J}$

(C) $3,0 \times 10^6 \text{ J}$

(D) $2,3 \times 10^6 \text{ J}$

6.2. (B)

$$m = 1 \text{ g} = 1 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$E_{\text{aquecimento}} = mc \Delta T \Rightarrow E_{\text{aquecimento}} = 1 \times 10^{-3} \times 4,18 \times 10^3 \times (100 - 25) = 3,14 \times 10^2 \text{ J}$$

Como

$$E_{\text{vaporização}} = 7,2 E_{\text{aquecimento}} \Rightarrow E_{\text{vaporização}} = 7,2 \times 3,14 \times 10^2 = 2,26 \times 10^3 \text{ J} \Leftrightarrow E_{\text{vaporização}} = 2,3 \times 10^3 \text{ J}$$

A opção correta é a (B).

6.3. Uma esfera metálica é aquecida e, a seguir, mergulhada em água fria contida num calorímetro. Admita que o sistema *esfera + água* se comporta como um sistema isolado.

Considere que a massa da esfera é igual à massa da água contida no calorímetro e que a capacidade térmica mássica do metal constituinte da esfera é menor do que a capacidade térmica mássica da água.

Num mesmo intervalo de tempo, a energia cedida pela esfera será _____ energia absorvida pela água, sendo a diminuição da temperatura da esfera _____ do que o aumento da temperatura da água.

(A) menor do que a ... maior

(B) menor do que a ... menor

(C) igual à ... maior

(D) igual à ... menor

6.3. (C)

$$m_{\text{esfera}} = m_{\text{água}} = m; \quad c_{\text{esfera}} < c_{\text{água}}$$

O sistema é isolado, logo, para o mesmo intervalo de tempo, a energia cedida pela esfera é igual à energia recebida pela água, pelo que se eliminam as opções (A) e (B).

$$E_{\text{esfera}} + E_{\text{água}} = 0 \Leftrightarrow mc_{\text{esfera}} \Delta T_{\text{esfera}} = -mc_{\text{água}} \Delta T_{\text{água}} \Leftrightarrow c_{\text{esfera}} \Delta T_{\text{esfera}} = -c_{\text{água}} \Delta T_{\text{água}}$$

Como $c_{\text{esfera}} < c_{\text{água}}$, então a diminuição de temperatura da esfera é maior do que o aumento da temperatura da água.

A opção correta é a (C).

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).

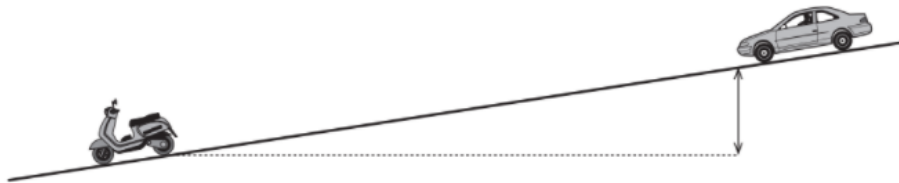
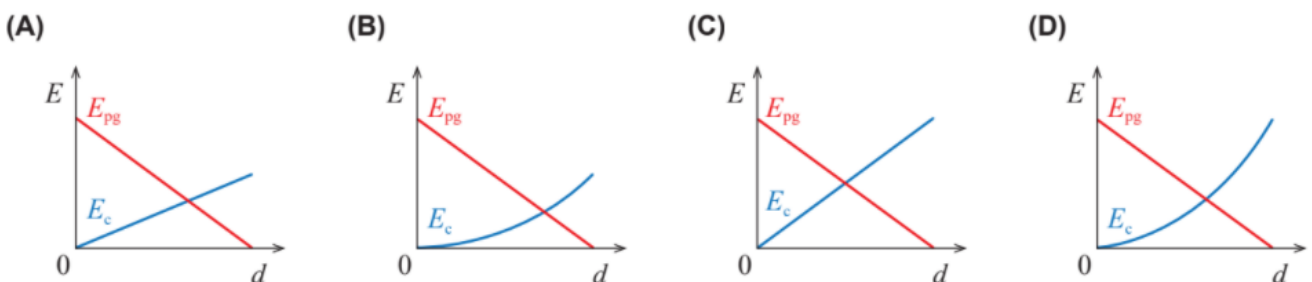


Figura 1

3. Nas opções seguintes, apresenta-se o esboço do gráfico da energia potencial gravítica, E_{pg} , do sistema *automóvel + Terra* (em relação a um determinado nível de referência) em função da distância, d , percorrida pelo automóvel sobre a rampa.

Em qual das opções está também representado o esboço do gráfico da energia cinética, E_c , do automóvel em função da distância, d , percorrida pelo automóvel sobre a rampa?



3. (A)

Considerando que a resultante das forças dissipativas é constante e com sentido oposto ao do movimento, tem-se que a resultante das forças que atuam sobre o automóvel também é constante e inferior à componente tangencial da força gravítica ($F_R = mg \sin \alpha - F_{\text{dissipativas}}$).

Como $\Delta E_c = W_{\vec{F}_R} = F_R d$ e como o automóvel parte do repouso, tem-se $E_c = F_R d$ (equação de uma reta); logo, eliminam-se as opções (B) e (D).

Devido à ação das forças dissipativas, a energia cinética final é inferior à energia potencial gravítica inicial, pelo que se conclui que a opção correta é a (A).

4. O automóvel, de massa $1,2 \times 10^3 \text{ kg}$, 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.

- 4.2. Determine, a partir de considerações energéticas, a intensidade da resultante das forças dissipativas que atuaram no automóvel paralelamente ao deslocamento.

Explícite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

4.2. $6,3 \times 10^2 \text{ N}$

Na situação apresentada o trabalho realizado pelas forças dissipativas é igual à variação de energia mecânica.

Como

$$\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_p,$$

tem-se:

$$W_{\vec{F}_{\text{dissipativas}}} = \frac{1}{2} m \times (v_f^2 - 0) + mg \times (0 - h_i);$$

$$W_{\vec{F}_{\text{dissipativas}}} = \frac{1}{2} \times 1,2 \times 10^3 \times 7,5^2 - 1,2 \times 10^3 \times 10 \times 7,0 \Leftrightarrow W_{\vec{F}_{\text{dissipativas}}} = -5,0 \times 10^4 \text{ J}.$$

Mas

$$W_{\vec{F}_{\text{dissipativas}}} = F_{\text{dissipativas}} d \cos 180^\circ \Rightarrow -5,0 \times 10^4 = -80 F_{\text{dissipativas}} \Leftrightarrow F_{\text{dissipativas}} = 6,3 \times 10^2 \text{ N}$$

A intensidade das forças dissipativas que atuam sobre o automóvel é igual a $6,3 \times 10^2 \text{ N}$.

GRUPO III

2. O circuito elétrico representado na Figura 2 é constituído por um gerador ideal (um gerador cuja resistência interna pode ser considerada nula), um reóstato T e um interruptor.

Conclua como varia a potência dissipada no reóstato T quando a resistência elétrica introduzida por esse reóstato aumenta.

Mostre como chegou à conclusão solicitada.

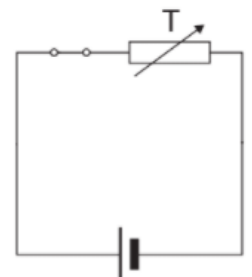


Figura 2

2. Dado que o gerador é ideal ($r_i = 0$), a diferença de potencial, U , nos seus terminais é constante, independente da corrente elétrica, I , e igual à sua força eletromotriz.

Considerando desprezável a energia dissipada nos fios de ligação e no interruptor, a diferença de potencial entre os terminais do reóstato é igual à diferença de potencial entre os terminais do gerador, logo constante. O valor da diferença de potencial entre os terminais do reóstato é, para cada valor de resistência, R ,

$$U = RI$$

Assim, quando a resistência aumenta, a corrente elétrica diminui, e como a potência dissipada neste dispositivo é

$$P = UI$$

conclui-se que o valor desta diminui com o aumento da sua resistência.

GRUPO I

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.

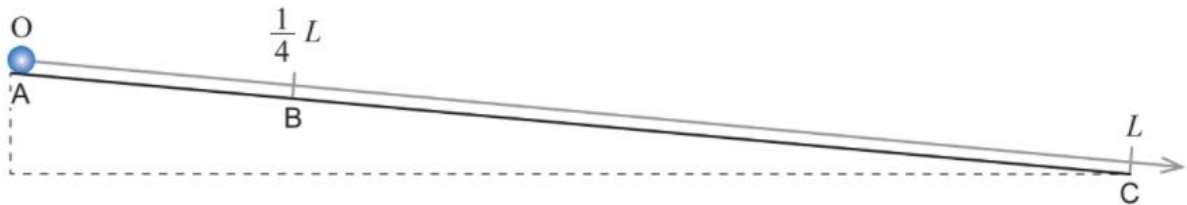


Figura 1

- 2.1. O trabalho realizado pela força gravítica que atua na esfera, desde a posição de onde é largada até à posição C, _____ da posição inicial _____ da intensidade da resultante das forças de atrito que atuam na esfera.

- (A) depende ... e depende
(B) depende ... e não depende
(C) não depende ... e depende
(D) não depende ... e não depende

2.1. (B)

O trabalho realizado pela força gravítica, força conservativa, só depende das posições inicial e final. Assim, depende da posição inicial e não depende da intensidade de qualquer outra força, logo a opção correta é a (B).

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).

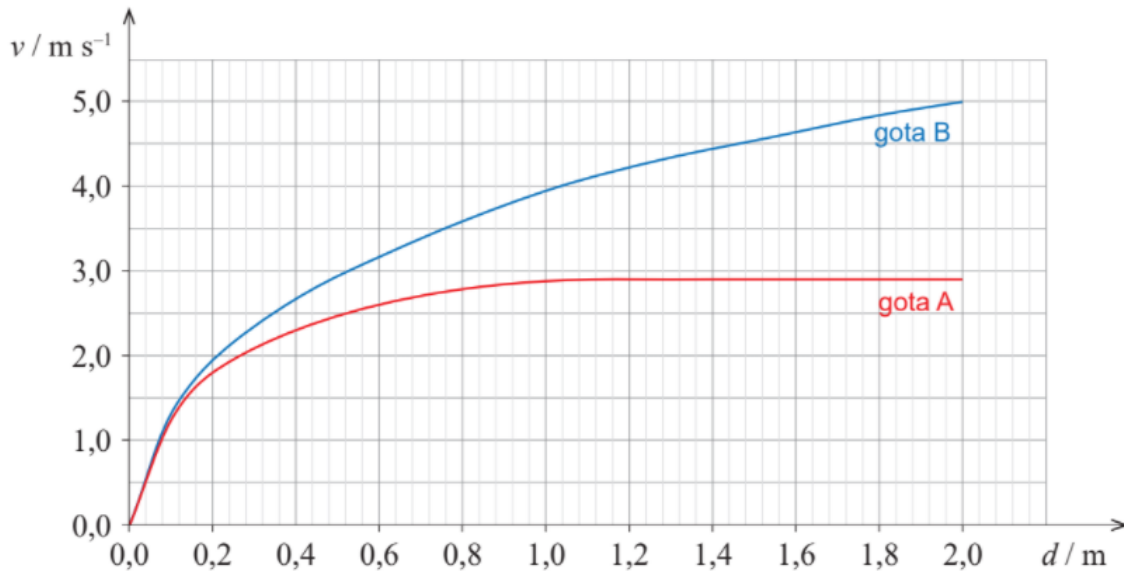


Figura 3

- 1.3. A massa da gota B é $4,2 \times 10^{-3}$ g.

1.3.1. Determine a energia dissipada na queda de 2,0 m da gota B.

Explicite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

1.3.1. $E = 3,2 \times 10^{-5}$ J

$m_B = 4,2 \times 10^{-3}$ g = $4,2 \times 10^{-6}$ kg

Para determinar a energia dissipada, calcula-se a variação de energia mecânica.

$$\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_p$$

Dado que a gota está em queda, a variação de energia potencial gravítica é negativa. Assim

$$\Delta E_p = -m_B g d \Rightarrow \Delta E_p = -4,2 \times 10^{-6} \times 10 \times 2,0 \Leftrightarrow \Leftrightarrow \Delta E_p = -8,4 \times 10^{-5} \text{ J.}$$

Para determinar a variação de energia cinética, recorre-se ao gráfico $v = f(d)$ para identificar os módulos da velocidade inicial e final, pois

$$E_c = \frac{1}{2} m_B v^2.$$

Assim, para:

- $d = 0,0$ m, $v = 0,0$ m s⁻¹ $\Rightarrow E_c = 0,0$ J;
- $d = 2,0$ m, $v = 5,0$ m s⁻¹ $\Rightarrow E_c = \frac{1}{2} \times 4,2 \times 10^{-6} \times 5,0^2 \Leftrightarrow \Leftrightarrow E_c = 5,25 \times 10^{-5}$ J

e

$$\Delta E_m = 5,25 \times 10^{-5} - 8,4 \times 10^{-5} \Leftrightarrow \Delta E_m = -3,2 \times 10^{-5} \text{ J}$$

A energia dissipada na queda da gota B é igual a $3,2 \times 10^{-5}$ J.

1.3.2. Considere que, em determinadas condições, a variação de entalpia (mássica) de vaporização da água é $2,4 \text{ kJ g}^{-1}$.

A energia necessária para a vaporização da gota B, nessas condições, é

- (A) $0,57 \text{ J}$
- (B) 10 J
- (C) $0,57 \text{ kJ}$
- (D) 10 kJ

1.3.2. (B)

$$\Delta H_v = 2,4 \text{ kJ g}^{-1} = 2,4 \times 10^3 \text{ J g}^{-1}$$

A energia de vaporização da gota B é:

$$E_v = m_B \Delta H_v \Rightarrow E_v = 4,2 \times 10^{-3} \times 2,4 \times 10^3 \Leftrightarrow E_v = 10 \text{ J}$$

A opção correta é a (B).

2. Considere que foi fornecida, à pressão de 1 atm , a mesma energia a uma gota de água e a uma amostra de ar com o dobro da massa dessa gota.

A essa pressão, a capacidade térmica mássica da água líquida é cerca de quatro vezes superior à capacidade térmica mássica do ar.

A variação de temperatura da gota, comparada com a variação de temperatura da amostra de ar, será, aproximadamente,

- (A) oito vezes maior.
- (B) oito vezes menor.
- (C) duas vezes maior.
- (D) duas vezes menor.

2. (D)

$$m_{\text{gota}} = m; m_{\text{ar}} = 2m; c_{\text{gota}} = 4c_{\text{ar}}$$

Como $E_{\text{gota}} = E_{\text{ar}}$, então

$$m_{\text{gota}} c_{\text{gota}} \Delta T_{\text{gota}} = m_{\text{ar}} c_{\text{ar}} \Delta T_{\text{ar}} \Rightarrow m \times 4c_{\text{ar}} \Delta T_{\text{gota}} = 2m c_{\text{ar}} \Delta T_{\text{ar}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 4 \Delta T_{\text{gota}} = 2 \Delta T_{\text{ar}} \Leftrightarrow 2 \Delta T_{\text{gota}} = \Delta T_{\text{ar}}$$

$$\Delta T_{\text{gota}} = \frac{1}{2} \Delta T_{\text{ar}}$$

A opção correta é a (D).

GRUPO III

3. Na Figura 5, está representado um circuito elétrico com:

- um gerador de força eletromotriz $9,20 \text{ V}$ e resistência interna $2,0 \Omega$;
- um voltímetro ligado nos terminais do gerador;
- dois condutores, A e B, de resistências elétricas R_A e R_B , sendo $R_A = 3 R_B$.

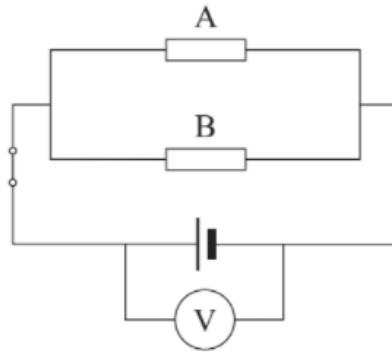


Figura 5

Determine a potência dissipada no condutor A quando o voltímetro marca $8,74 \text{ V}$.

Explícite o seu raciocínio, indicando todos os cálculos efetuados.

3. $P_A = 0,50 \text{ W}$

$\varepsilon = 9,20 \text{ V}$; $r_i = 2,0 \Omega$; $U_g = 8,74 \text{ V}$; $R_A = 3 R_B$

Para determinar a potência dissipada no condutor A, recorre-se à expressão: $P_A = U_A I_A$

A diferença de potencial entre os terminais da resistência R_A é igual à diferença de potencial entre os terminais do gerador.

$U_A = 8,74 \text{ V}$

Para determinar a corrente elétrica que percorre A (I_A), tem de se calcular a corrente elétrica disponibilizada pelo gerador.

$$U_g = \varepsilon - r_i I \Rightarrow 8,74 = 9,20 - 2,0 I \Leftrightarrow 2,0 I = 0,46 \Leftrightarrow I = 2,30 \times 10^{-1} \text{ A}$$

Uma vez que os condutores A e B estão associados em paralelo, tem-se:

$$\bullet U_A = U_B \Leftrightarrow R_A I_A = R_B I_B \Leftrightarrow 3 R_B I_A = R_B I_B \Leftrightarrow 3 I_A = I_B$$

$$\bullet I = I_A + I_B \Leftrightarrow I = I_A + 3 I_A \Leftrightarrow I = 4 I_A \Rightarrow \\ \Rightarrow 2,30 \times 10^{-1} = 4 I_A \Leftrightarrow I_A = 5,75 \times 10^{-2} \text{ A}$$

Finalmente, determina-se a potência dissipada em A.

$$P_A = 8,74 \times 5,75 \times 10^{-2} = 0,50 \text{ W}$$

A potência dissipada no condutor A é igual a $0,50 \text{ W}$.

Exame Nacional de 2019 - Época Especial

GRUPO II

A Figura 4 apresenta as curvas características, a 25 °C, de um painel fotovoltaico, para três irradiâncias diferentes. Estas curvas representam a corrente elétrica, I , fornecida pelo painel, em função da diferença de potencial elétrico, U , nos seus terminais.

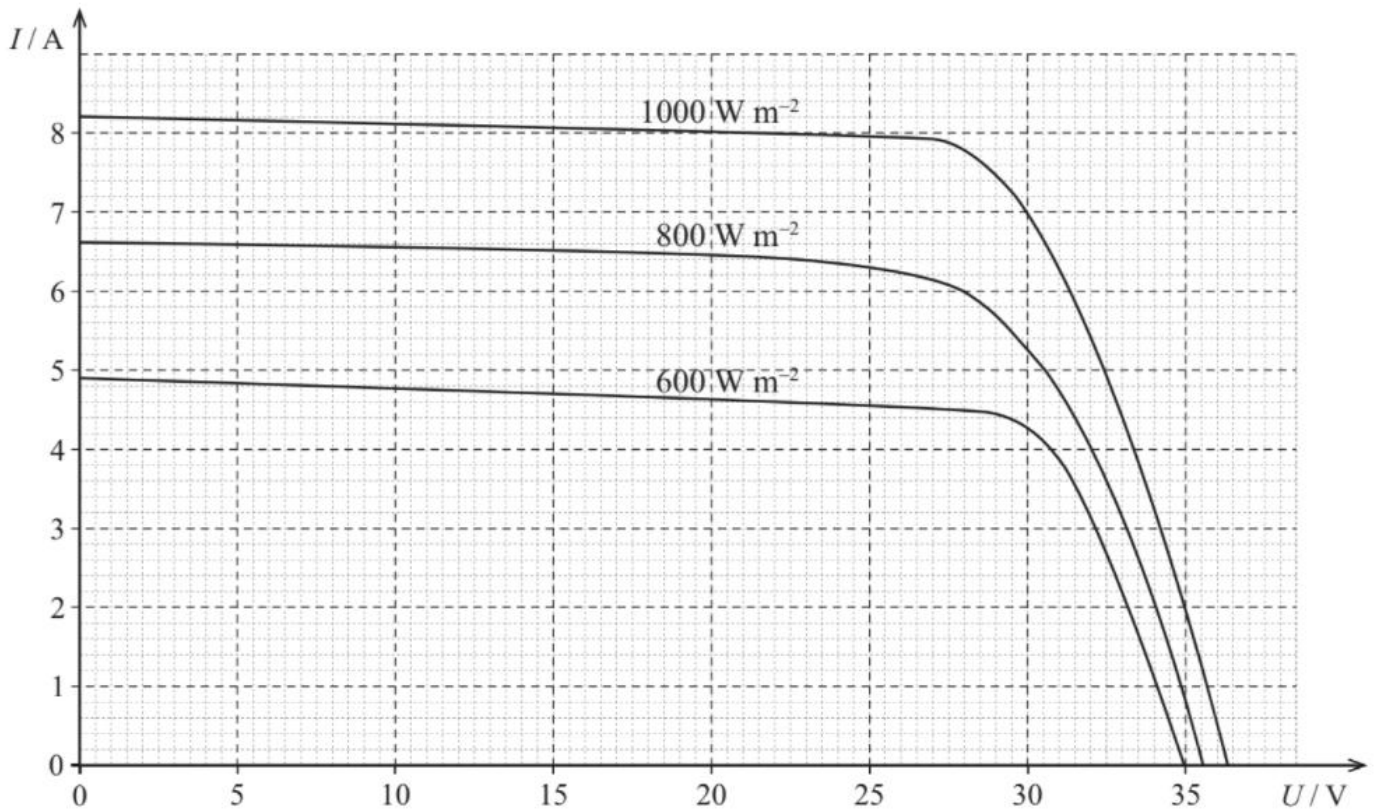
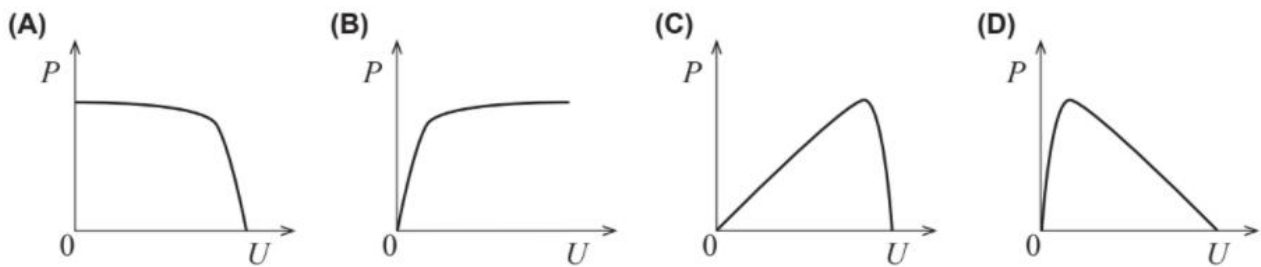


Figura 4

1. Qual é o esboço do gráfico que pode representar, para uma mesma irradiância, a potência elétrica, P , fornecida pelo painel, em função da diferença de potencial elétrico, U , nos seus terminais?



1. (C)

A potência elétrica é $P = UI$.

Para valores de corrente elétrica, I , ou de diferença de potencial, U , iguais a zero, a potência elétrica é nula, pelo que se elimina os esboços (A). Da análise do gráfico da figura 4, para uma dada irradiância (por exemplo, 600 W m^{-2}), verifica-se que, para o intervalo de valores de diferença de potencial de 0 V a cerca de 30 V, a corrente elétrica diminui muito pouco, é praticamente constante, pelo que a potência elétrica aumenta de forma quase linear com o aumento da diferença de potencial; em seguida, verifica-se uma diminuição brusca da corrente elétrica para uma diferença de valores de diferença de potencial pequena, de 30 V até 35 V, aproximadamente, pelo que a potência elétrica diminui bruscamente desde o valor máximo até zero, excluindo-se os esboços (B) e (D). Em resultado desta análise, conclui-se que o esboço do gráfico que, para a mesma irradiância, pode representar a potência elétrica fornecida pelo painel, em função da diferença de potencial nos seus terminais, é o apresentado na opção (C).

2. A corrente elétrica fornecida por um painel fotovoltaico para uma resistência exterior nula designa-se por corrente de curto-circuito.

Conclua, com base no gráfico da Figura 4, se a corrente de curto-circuito é (ou não) diretamente proporcional à irradiância.

Mostre como chegou à conclusão solicitada.

2. Para concluir se a corrente de curto-circuito é ou não diretamente proporcional à irradiância tem de se determinar os quocientes entre as irradiâncias e as correspondentes correntes de curto-circuito, $\frac{E_r}{I}$. Assim, recorrendo ao gráfico da figura 4 do enunciado, tem-se:

$$\frac{600}{4,9} = 1,2 \times 10^2 \text{ W m}^{-2} \text{ A}^{-1}; \quad \frac{800}{6,6} = 1,2 \times 10^2 \text{ W m}^{-2} \text{ A}^{-1}; \quad \frac{1000}{8,2} = 1,2 \times 10^2 \text{ W m}^{-2} \text{ A}^{-1}$$

Uma vez que estes quocientes são constantes, pode concluir-se que a corrente de curto-circuito é diretamente proporcional à irradiância.

GRUPO III

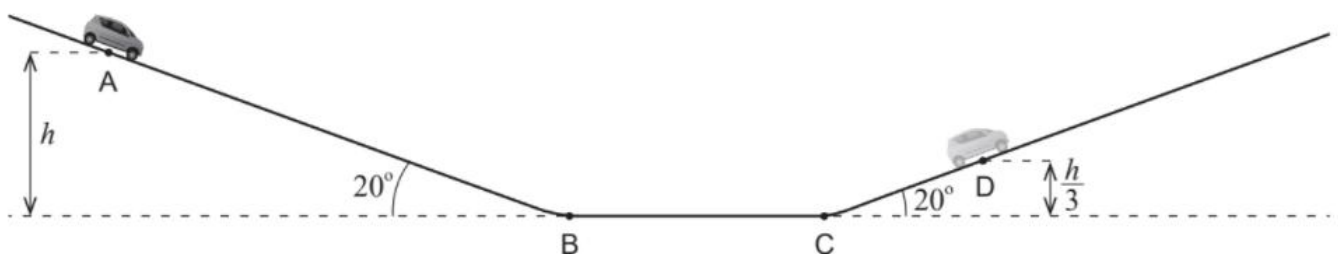
1. Na Figura 5 (que não se encontra à escala), está representado um carrinho de brincar, de massa m , que é largado da posição A, sobre um plano inclinado. O carrinho desce esse plano, passa nas posições B e C e inverte o sentido do movimento na posição D.

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).

1.1. Desde a posição A até à posição D, a diminuição da energia potencial gravítica do sistema *carrinho + Terra* é igual a _____, sendo o trabalho realizado pela força gravítica que atua no carrinho igual a _____.

(A) $\frac{1}{3} mgh \dots \frac{1}{3} mgh$

(B) $\frac{1}{3} mgh \dots \frac{2}{3} mgh$

(C) $\frac{2}{3} mgh \dots \frac{1}{3} mgh$

(D) $\frac{2}{3} mgh \dots \frac{2}{3} mgh$

1.1. (D)

A variação de energia potencial gravítica do sistema *carrinho + Terra*, entre as posições A e D, é:

$$\Delta E_p = E_{p_D} - E_{p_A} \Leftrightarrow \Delta E_p = mgh_D - mgh_A \Leftrightarrow \Delta E_p = mg \frac{h}{3} - mgh \Leftrightarrow \Delta E_p = -\frac{2h}{3} mg$$

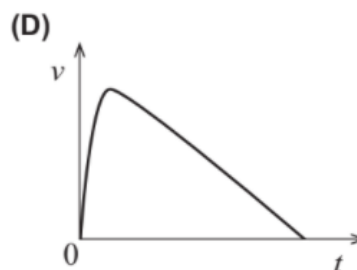
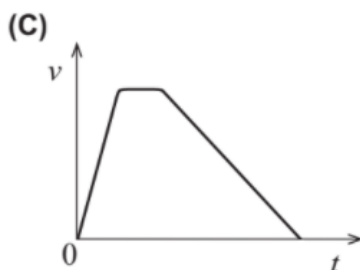
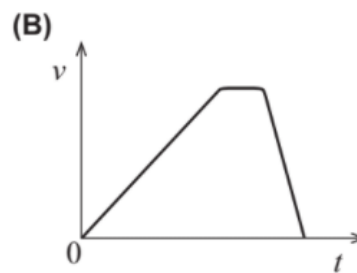
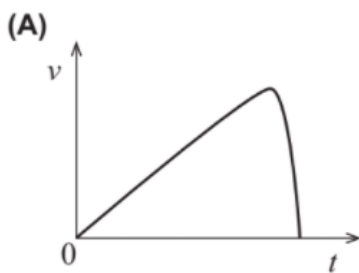
Assim, infere-se que as opções (A) e (B) são eliminadas.

O trabalho realizado pela força gravítica entre as mesmas posições é:

$$W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_p \Leftrightarrow W_{\vec{F}_g} = \frac{2h}{3} mg$$

Desta análise conclui-se que a opção correta é a (D).

1.2. Qual é o esboço do gráfico que pode representar o módulo da velocidade, v , do carrinho em função do tempo, t , entre as posições A e D?



1.2. (B)

Nos percursos de A a B e de C a D a intensidade das forças que atuam sobre o carrinho – forças dissipativas e a componente tangencial às rampas da força gravítica – são iguais. Contudo, de A a B, as forças dissipativas têm sentido de B para A, enquanto de C a D têm sentido descendente (de D para C). Como a componente tangencial da força gravítica em ambos os trajetos tem sentido descendente, no trajeto de A a B, a intensidade da resultante das forças que atuam sobre o carrinho é inferior à intensidade da que atua de C para D, pelo que o valor da aceleração entre A e B é inferior ao valor da aceleração entre C e D. Consequentemente, o declive da reta que traduz $v = f(t)$ é menor de A a B, donde se conclui que as opções (C) e (D) devem ser eliminadas. Uma vez que as forças dissipativas de B a C são desprezáveis e que a resultante das forças que atuam sobre o carrinho é nula, a velocidade neste percurso é constante, sendo, assim, a opção correta a (B).

- 1.3. Compare a soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam no carrinho entre as posições A e B com a soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam no carrinho entre as posições C e D.

$$1.3. \quad W_{\vec{F}_R}^{AB} = -W_{\vec{F}_R}^{CD}$$

A soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam sobre o carrinho é igual ao trabalho realizado pela resultante das forças que sobre ele atuam. Para determinar os trabalhos realizados pela resultante das forças que atuam sobre o carrinho entre A e B e o realizado entre C e D, recorre-se ao Teorema da Energia Cinética:

$$W_{\vec{F}_R} = \Delta E_c$$

Nas posições A e D, a velocidade é nula, bem como os respetivos valores de energia cinética. Dado que, no percurso de B a C, a resultante das forças que atuam sobre o carrinho é nula, então o módulo da velocidade em B é igual à velocidade em C, pelo que os valores da energia cinética nestas posições são iguais.

Assim, pode escrever-se:

$$E_c^{AB} = E_{c_B} - E_{c_A} = E_{c_B} \text{ e } E_c^{CD} = E_{c_D} - E_{c_C} = E_{c_C}$$

Ou seja,

$$E_c^{AB} = -E_c^{CD},$$

Isto é:

$$W_{\vec{F}_R}^{AB} = -W_{\vec{F}_R}^{CD}$$

GRUPO V

4. Uma amostra de água de massa m , inicialmente a 26°C e contida num recipiente, foi introduzida num congelador. Ao fim de um determinado intervalo de tempo, a temperatura da água estabilizou a -20°C .

Na tabela seguinte, estão registados os valores de algumas propriedades físicas da água.

Capacidade térmica mássica do gelo / $\text{J kg}^{-1}^\circ\text{C}^{-1}$	$2,10 \times 10^3$
Variação de entalpia (mássica) de fusão / J kg^{-1}	$3,34 \times 10^5$
Temperatura de fusão / $^\circ\text{C}$	0,0

- 4.1. Compare, quantitativamente, a energia envolvida na mudança de estado físico da amostra de água com a energia total envolvida nas variações de temperatura da amostra.

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

4.1. 2,2

Para determinar a energia envolvida nas variações de temperatura da amostra (de 26°C a 0°C e de 0°C a -20°C), tem de se recorrer à expressão:

$$E = mc\Delta T$$

A energia total envolvida nas variações de temperatura da amostra é:

$$E = 4,18 \times 10^3 \times (0 - 26)m + 2,10 \times 10^3 \times (-20 - 0)m = -1,50 \times 10^5 m \text{ J}$$

Isto é, a energia cedida é igual a $1,50 \times 10^5 m \text{ J}$

A energia envolvida na mudança de estado físico é:

$$E_{\text{fusão}} = m\Delta H_{\text{fusão}} \Rightarrow E_{\text{fusão}} = 3,34 \times 10^5 m$$

A razão entre a energia envolvida na mudança de estado físico e a energia total envolvida nas variações de temperatura da amostra é:

$$\frac{3,34 \times 10^5 \text{ J}}{1,50 \times 10^5 \text{ J}} = 2,2$$

4.2. Até atingir a temperatura de -20°C , a água _____ vizinhança, através das paredes do recipiente, essencialmente por _____.

- (A) cede energia à ... condução
- (B) recebe energia da ... condução
- (C) cede energia à ... convecção
- (D) recebe energia da ... convecção

4.2. (A)

Durante todo o processo de arrefecimento, a água cede energia às vizinhanças por condução, sendo a opção correta a (A).

Exame Nacional de 2019 - 2.ª fase

GRUPO III

1. Numa aula laboratorial, os alunos colocaram num calorímetro 90 g de água, na qual mergulharam um fio condutor eletricamente isolado, de resistência elétrica R . Para aquecer a água, fizeram passar nesse fio, durante 180 s, uma corrente elétrica I , tendo determinado o aumento da temperatura, ΔT , da água, nesse intervalo de tempo.

Repetiram a experiência para diferentes valores de corrente elétrica.

1.1. Um aluno traçou, a partir dos resultados experimentais obtidos, um gráfico cujo esboço se encontra representado na Figura 2.

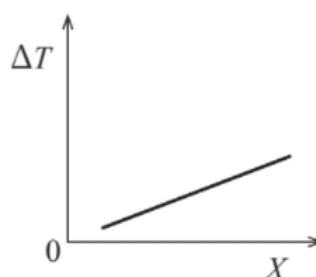


Figura 2

Nesse esboço, X pode representar

- (A) R
- (B) R^2
- (C) I
- (D) I^2

1.1. (D)

A resistência, R , bem como o intervalo de tempo ($\Delta t = 180$ s) são constantes para cada ensaio. Os alunos variaram de ensaio para ensaio o valor da corrente elétrica, I . Como:

$$E_{\text{recebida}} = E_{\text{elétrica}} \Leftrightarrow mc \Delta T = R I^2 \Delta t$$

então, a variável independente é $X = I^2$, pelo que a opção correta é a (D).

1.2. Um outro aluno traçou, a partir dos resultados experimentais obtidos, o gráfico do aumento da temperatura, ΔT , da água em função da potência dissipada, P , no fio condutor.

Determine o declive da reta do gráfico, considerando que toda a potência dissipada no fio é utilizada no aquecimento da água.

Mostre como chegou ao valor solicitado.

1.2. 0,48 °C W⁻¹

A potência recebida, P , é:

$$P = \frac{E_{\text{recebida}}}{\Delta t} \Leftrightarrow P = \frac{mc \Delta T}{\Delta t},$$

sendo o declive da reta do gráfico $\Delta T = f(P)$ dado por:

$$\text{declive} = \frac{\Delta t}{mc} \Rightarrow \text{declive} = \frac{180}{90 \times 10^{-3} \times 4,18 \times 10^3} = 0,48 \text{ °C W}^{-1}$$

O declive da reta do gráfico da variação de temperatura em função da potência dissipada pela resistência elétrica é 0,48 °C W⁻¹.

2. Para uma irradiância de 1000 W m⁻² e a 25 °C, um painel fotovoltaico, de área 1,63 m², fornece uma potência elétrica máxima quando a diferença de potencial nos seus terminais é 28,5 V e a corrente elétrica é 7,6 A.

Determine o rendimento máximo do painel, nas condições consideradas.

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

2. 0,13 ou 13%

$$E_r = 1000 \text{ W m}^{-2}; A = 1,63 \text{ m}^2; U = 28,5 \text{ V}; I = 7,6 \text{ A}$$

$$\eta = ?$$

A potência elétrica máxima fornecida pelo painel é:

$$P_{\text{elét}} = UI \Rightarrow P_{\text{elét}} = 28,5 \times 7,6 \Leftrightarrow P_{\text{elét}} = 2,2 \times 10^2 \text{ W}$$

A potência da radiação incidente é:

$$P_{\text{radiação}} = E_r \times A \Rightarrow P_{\text{radiação}} = 1000 \times 1,63 \Leftrightarrow P_{\text{radiação}} = 1,63 \times 10^3 \text{ W}$$

O rendimento do processo é:

$$\eta = \frac{P_{\text{elét}}}{P_{\text{radiação}}} \times 100 \Rightarrow \eta = \frac{2,2 \times 10^2}{1,63 \times 10^3} \times 100 \Leftrightarrow \eta = 13\%$$

O rendimento máximo do painel fotovoltaico é igual a 13%.

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.

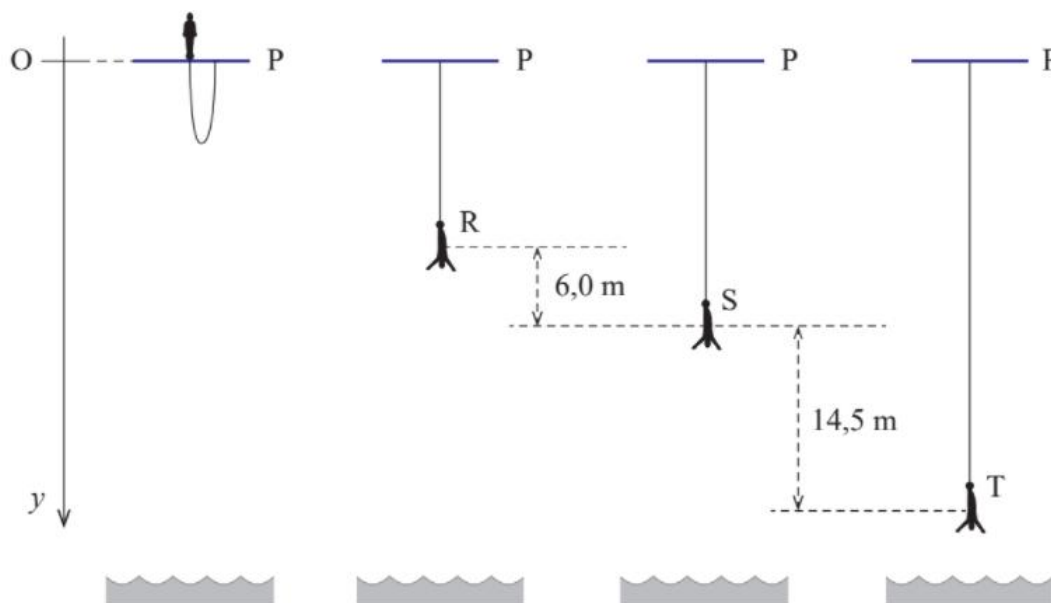


Figura 5

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

1.3. Entre a posição inicial e a posição R, a variação de energia potencial gravítica do sistema *atleta + Terra* é _____, e a variação de energia mecânica do sistema é _____.

- (A) negativa ... positiva
- (B) negativa ... nula
- (C) positiva ... positiva
- (D) positiva ... nula

1.3. (B)

Entre a posição P e a R, a única força que atua sobre o atleta é a força gravítica, força conservativa, pelo que a variação de energia mecânica é nula, eliminando-se as opções (A) e (D). Durante a queda, o trabalho da força gravítica (descendente) tem o sentido do movimento, é positivo, mas é simétrico da variação da energia potencial gravítica, que é negativa. Assim, a opção correta é a (B).

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

Determine, a partir do teorema da energia cinética, o trabalho realizado pela força que o cabo exerce no atleta, $W_{\vec{F}_{\text{cabo}}}$, entre a posição R e a posição S.

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

2. $-2,1 \times 10^3 \text{ J}$

$$v_R = 17,0 \text{ m s}^{-1}; v_S = 18,7 \text{ m s}^{-1}; m = 72 \text{ kg}; d = 6,0 \text{ m}$$

Entre as posições R e S atuam a força gravítica e a força exercida pelo cabo. Assim:

$$\Delta E_c = W_{\vec{F}_g} + W_{\vec{F}_{\text{cabo}}} \quad (1)$$

O trabalho realizado pela força gravítica é positivo, pois a força gravítica tem o sentido do movimento, logo:

$$W_{\vec{F}_g} = mgd \Rightarrow W_{\vec{F}_g} = 72 \times 10 \times 6,0 \Leftrightarrow W_{\vec{F}_g} = 4,3 \times 10^3 \text{ J}$$

A variação de energia cinética entre R e S é:

$$\Delta E_c = \frac{1}{2}mv_S^2 - \frac{1}{2}mv_R^2 \Rightarrow \Delta E_c = \frac{1}{2} \times 72 \times 18,7^2 - \frac{1}{2} \times 72 \times 17,0^2 \Leftrightarrow \Delta E_c = 2,2 \times 10^3 \text{ J}$$

Recorrendo à expressão (1), tem-se:

$$2,2 \times 10^3 = 4,3 \times 10^3 + W_{\vec{F}_{\text{cabo}}} \Leftrightarrow W_{\vec{F}_{\text{cabo}}} = 2,2 \times 10^3 - 4,3 \times 10^3 \Leftrightarrow W_{\vec{F}_{\text{cabo}}} = -2,1 \times 10^3 \text{ J}$$

O trabalho realizado pelo cabo entre as posições R e S é igual a $-2,1 \times 10^3 \text{ J}$.

Exame Nacional de 2019 - 1.ª fase

GRUPO II

1. Num ensaio laboratorial, adicionou-se uma amostra de água, a uma temperatura T , a uma outra amostra de água, de massa $350,0 \text{ g}$ e inicialmente a $5,2 \text{ }^\circ\text{C}$. Verificou-se que, após um determinado intervalo de tempo, o sistema resultante daquela adição ficou à temperatura de $27,9 \text{ }^\circ\text{C}$.

- 1.1. Calculou-se a energia total cedida pela amostra de água inicialmente à temperatura T , tendo-se obtido $3,85 \times 10^4 \text{ J}$.

Conclua em que sentido terá ocorrido a transferência de energia entre o sistema resultante daquela adição e o exterior, até ser atingida a temperatura de $27,9 \text{ }^\circ\text{C}$.

Mostre como chegou à conclusão solicitada.

- 1.1** A temperatura da amostra de 350,0 g de água, inicialmente a 5,2 °C, aumentou até 27,9 °C, logo, absorveu energia:

$$E = m c \Delta t = 0,3500 \text{ kg} \times 4,18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ °C}^{-1} \times (27,9 - 5,2) \text{ °C} = 3,32 \times 10^4 \text{ J}.$$

Como a energia $3,85 \times 10^4 \text{ J}$, cedida pela amostra de água, inicialmente à temperatura T , é maior do que $3,32 \times 10^4 \text{ J}$, conclui-se que o sistema resultante daquela adição cede energia ao exterior:

$$\Delta E_{\text{sistema}} = \Delta E_1 + \Delta E_2 = 3,32 \times 10^4 \text{ J} + (-3,85 \times 10^4 \text{ J}) = -5,3 \times 10^3 \text{ J}$$

(o sistema cede $5,3 \times 10^3 \text{ J}$ ao exterior).

- 1.2.** As temperaturas foram medidas com um termómetro digital, cujo funcionamento se baseia na variação da resistência elétrica de um fio condutor (constituente do termómetro) com a temperatura. Para que o termómetro funcione adequadamente, a variação da potência dissipada por efeito Joule, no fio, deve ser desprezável.

Considere que a resistência elétrica do fio aumenta $3,85 \Omega$ por cada 10 °C de aumento de temperatura e que, na experiência realizada, o fio foi percorrido por uma corrente constante de $9,0 \times 10^{-4} \text{ A}$.

Verifique que, entre $5,2 \text{ °C}$ e $27,9 \text{ °C}$, o aumento da potência dissipada naquele fio foi inferior a 10^{-5} W , sendo, por isso, desprezável.

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

- 1.2** Como a corrente elétrica, I , é constante, o aumento da potência dissipada no fio condutor é dado por $\Delta P = \Delta R I^2$, em que ΔR é o aumento de resistência elétrica desse fio entre $5,2 \text{ °C}$ e $27,9 \text{ °C}$. Como $\Delta R = \frac{3,85 \Omega}{10 \text{ °C}} \times \Delta T$, segue-se:

$$\Delta P = \Delta R I^2 = \left[\frac{3,85 \Omega}{10 \text{ °C}} \times (27,9 - 5,2) \text{ °C} \right] \times (9,0 \times 10^{-4} \text{ A})^2 = 7,1 \times 10^{-6} \text{ W}.$$

Verifica-se que o aumento da potência dissipada, $7,1 \times 10^{-6} \text{ W}$, é inferior a 10^{-5} W .

- 2.** Para determinar experimentalmente a variação de entalpia (mássica) de fusão do gelo, adicionou-se gelo fundente a água previamente aquecida.

- 2.1.** Para minimizar o erro nesta determinação, o gelo adicionado deve estar dividido em

- (A) pequenos fragmentos e vir diretamente do congelador.
- (B) pequenos fragmentos e ter sido colocado previamente em água a 0 °C .
- (C) grandes fragmentos e vir diretamente do congelador.
- (D) grandes fragmentos e ter sido colocado previamente em água a 0 °C .

- 2.1** Versão 1 – (B); Versão 2 – (A)

[Gelo fundente é gelo à temperatura de 0 °C (o gelo que vem diretamente do congelador não é gelo fundente, pois está a uma temperatura inferior a 0 °C). Para minimizar o erro, resultante de se ter parte do gelo a uma temperatura não conhecida, deve maximizar-se a massa de gelo que está a 0 °C , o que é mais bem conseguido se o gelo estiver dividido em pequenos fragmentos, dado que desse modo se minimizam eventuais diferenças de temperatura entre a superfície de cada um dos fragmentos e o respetivo interior.]

- 2.2. Na experiência realizada, mediu-se a massa do gelo fundente, a massa e a temperatura inicial da água, e a temperatura à qual o sistema resultante daquela adição atingiu o equilíbrio térmico.

O que é necessário ainda conhecer para calcular a variação de entalpia (mássica) de fusão do gelo, considerando que o sistema é isolado?

- (A) Apenas a capacidade térmica mássica da água líquida.
- (B) A capacidade térmica mássica da água líquida e a capacidade térmica mássica do gelo.
- (C) A energia necessária à fusão de 1 kg de gelo e a capacidade térmica mássica da água líquida.
- (D) Apenas a energia necessária à fusão de 1 kg de gelo.

2.2 Versão 1 – (A); Versão 2 – (B)

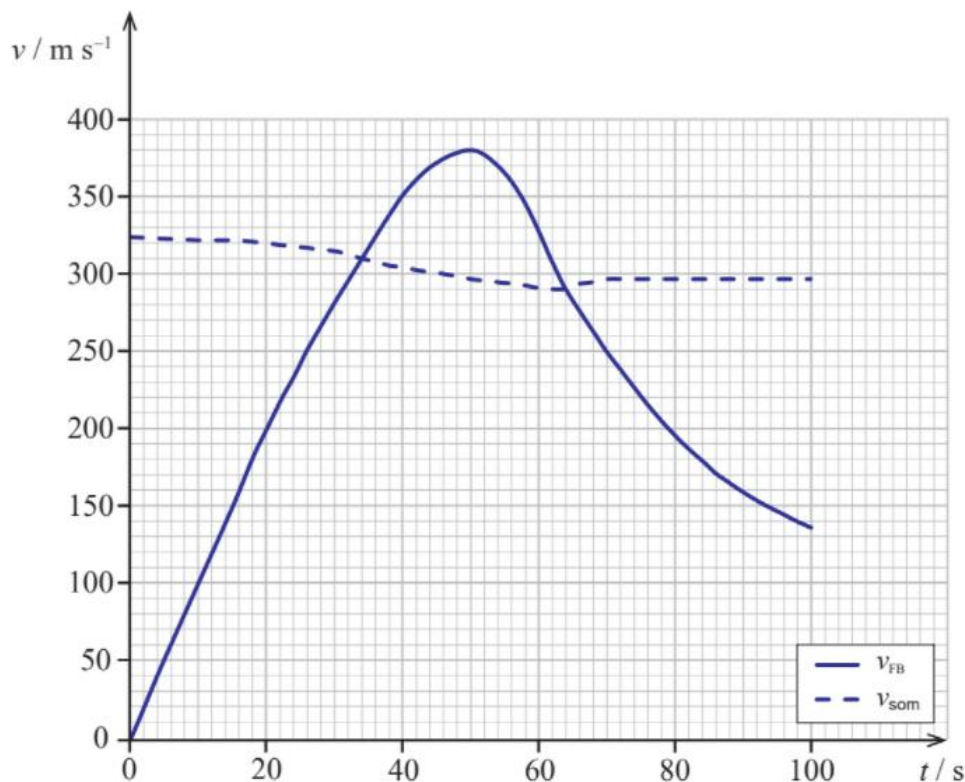
[Para determinar a variação de entalpia mássica do gelo, $\Delta h_{\text{fusão}}$, é necessário conhecer a energia absorvida, $E_{\text{fusão}}$, pelo gelo fundente e a massa de gelo, m_{gelo} , fundente: $\Delta h_{\text{fusão}} = \frac{E_{\text{fusão}}}{m_{\text{gelo}}}$. Considerando o sistema isolado, a energia absorvida pelo gelo é a energia cedida pela água ao arrefecer: $E_{\text{arrefecimento}} = m_{\text{água}} c_{\text{água}} (t_i - t_f)$. Assim, $\Delta h_{\text{fusão}} = \frac{m_{\text{água}} c_{\text{água}} (t_i - t_f)}{m_{\text{gelo}}}$, para além das massas de gelo, m_{gelo} , e da água, $m_{\text{água}}$, e das temperaturas inicial, t_i , e final, t_f , à qual o sistema resultante daquela adição atingiu o equilíbrio térmico, basta apenas conhecer a capacidade térmica mássica da água líquida, $c_{\text{água}}$, considerada constante no intervalo de t_i a t_f .]

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.



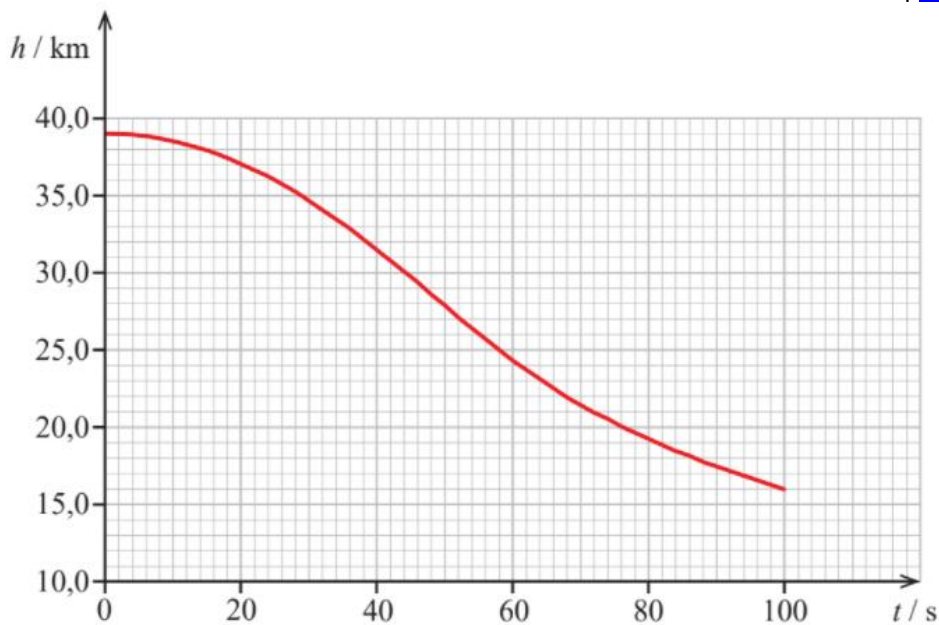


Figura 5

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.

3.4. No intervalo de tempo $[50, 100]$ s, a energia potencial gravítica do sistema *FB + equipamento + Terra* _____, e a energia mecânica do sistema _____.

(A) aumentou ... diminuiu

(B) aumentou ... permaneceu constante

(C) diminuiu ... diminuiu

(D) diminuiu ... permaneceu constante

3.4 Versão 1 – (C); Versão 2 – (D)

[Enquanto o conjunto cai:

- a altura do conjunto diminui, logo, a energia potencial gravítica do sistema *FB + equipamento + Terra* também diminui;
- atua sobre o conjunto a força de resistência do ar que é uma força dissipativa, portanto, a energia mecânica daquele sistema diminui.]

3.6. Considere que a massa do conjunto *FB + equipamento* era 118 kg.

Determine o trabalho realizado pela força de resistência do ar que atuou sobre o conjunto, no intervalo de tempo em que este se moveu com velocidade superior à velocidade do som.

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

3.6 Sobre o conjunto atuam a força gravítica, força conservativa, e a força de resistência do ar, força não conservativa. O trabalho realizado pela força de resistência do ar que atuou sobre o conjunto é igual à variação de energia mecânica do sistema *conjunto + Terra*:

$$W_{\vec{F}_{\text{ar}}} = \Delta E_c + \Delta E_p = \frac{1}{2} m (v_f^2 - v_i^2) + m g (h_f - h_i).$$

O conjunto moveu-se com velocidade superior à velocidade do som no intervalo $[34, 64]$ s, a que correspondem o intervalo de alturas $[33,5; 23,0]$ km e o intervalo de velocidades $[310, 290]$ m s⁻¹. Assim, o trabalho realizado pela força de resistência do ar, naquele intervalo de tempo, é:

$$W_{\vec{F}_{\text{ar}}} = \left[\frac{118}{2} \times (290^2 - 310^2) + 118 \times 10 \times (23,0 - 33,5) \times 10^3 \right] \text{ J} = -1,3 \times 10^7 \text{ J}.$$

GRUPO I

2. Um carrinho, sem qualquer meio de propulsão, move-se na pista representada na Figura 2 (que não está à escala). Largado sobre a pista, de uma posição adequada, o carrinho passa sucessivamente nas posições **A**, **B**, **C** e **D**, percorrendo a parte circular da pista (*loop*), de raio 12 cm.

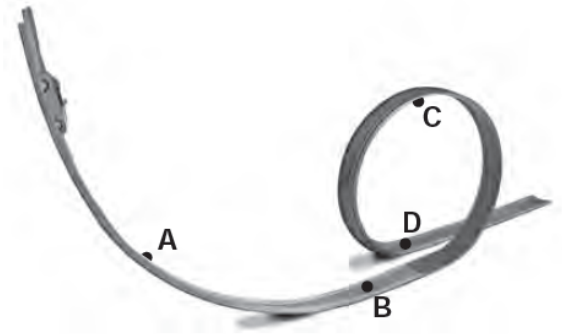


Figura 2

- 2.1. Qual é o trabalho realizado pela força normal exercida pela pista no carrinho, no deslocamento entre as posições **B** e **C**?

2.1. 0 J

Dado que a força normal é, em cada posição, perpendicular à superfície de apoio, o trabalho realizado de B a C por esta força é nulo, pois $W_F = F d \cos 90^\circ$ e $\cos 90^\circ = 0$.

- 2.2. Para que o carrinho percorra a parte circular da pista (*loop*), deve passar pela posição **C** com uma velocidade mínima de módulo $1,1 \text{ m s}^{-1}$.

Admita que, entre a posição em que o carrinho é largado e a posição **C**, é dissipada 5,0% da energia mecânica inicial do sistema *carrinho + Terra*.

Calcule a altura mínima a que o carrinho deve ser largado, sobre a pista.

Apresente todas as etapas de resolução.

2.2. $h_i = 0,32 \text{ m}$

$$v_C = 1,1 \text{ m s}^{-1}; \quad h_C = 2R \Leftrightarrow h_C = 2 \times 0,12 = 0,24 \text{ m}; \quad E_{\text{dissipada}} = 5\% E_{\text{mi}} \Leftrightarrow E_{\text{dissipada}} = 0,05 E_{\text{mi}}$$

Recorrendo ao balanço energético entre a posição inicial onde o carrinho é largado e a posição C, tem-se:

$$E_{\text{mi}} = E_{\text{dissipada}} + E_{\text{mc}} \Leftrightarrow E_{\text{mi}} = 0,05 E_{\text{mi}} + E_{\text{mc}} \Leftrightarrow 0,95 E_{\text{mi}} = E_{\text{mc}}$$

Como $v_i = 0 \text{ m s}^{-1}$, $E_{\text{ci}} = 0 \text{ J}$ e, consequentemente:

$$0,95 E_{\text{pi}} = E_{\text{cc}} + E_{\text{pc}} \Leftrightarrow 0,95 m g h_i = \frac{1}{2} m v_C^2 + m g h_C \Leftrightarrow 0,95 g h_i = \frac{1}{2} v_C^2 + g h_C \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,95 \times 10 h_i = \frac{1}{2} \times 1,1^2 + 10 \times 0,24 \Leftrightarrow 9,5 h_i = 3,0 \Leftrightarrow h_i = \frac{3,0}{9,5} = 0,32 \text{ m}$$

A altura mínima a que o carrinho deve ser abandonado para passar na posição C, com velocidade de módulo $1,1 \text{ m s}^{-1}$, é 0,32 m.

2.3. O trabalho realizado pela força gravítica que atua no carrinho é

- (A) positivo entre as posições **B** e **C**.
- (B) negativo entre as posições **A** e **B**.
- (C) positivo entre as posições **C** e **D**.
- (D) negativo entre as posições **B** e **D**.

2.3. (C)

A força gravítica que atua sobre o carrinho é uma força conservativa cujo trabalho que realiza depende apenas das posições final e inicial, ou seja, a diferença de altura em relação ao nível de referência, pois $W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_p = -m g (h_f - h_i)$. Assim, durante uma descida, o trabalho que realiza é positivo ($h_f < h_i \Rightarrow E_{pf} < E_{pi}$), de A a B e de C a D, durante uma subida é negativo ($h_f > h_i \Rightarrow E_{pf} > E_{pi}$), de B a C, e é nulo quando $h_f = h_i$, de B a D. A opção correta é a (C).

2.4. Um carrinho I, de massa m , foi largado da mesma posição que um carrinho II, de massa $3m$.

Se as forças dissipativas que atuam nesses carrinhos forem desprezáveis, qual será a relação entre o módulo da velocidade do carrinho I, v_I , e o módulo da velocidade do carrinho II, v_{II} , na posição **D**?

- (A) $v_I = 3 v_{II}$
- (B) $v_I = v_{II}$
- (C) $v_I = \frac{1}{3} v_{II}$
- (D) $v_I = \frac{1}{9} v_{II}$

2.4. (B)

$$m_I = m; m_{II} = 3m$$

Dado que há conservação de energia mecânica, pode escrever-se:

$$E_{mi} = E_{mD}$$

Como o carrinho é largado, $v_i = 0 \text{ m s}^{-1}$ e, consequentemente, $E_{ci} = 0 \text{ J}$, e como $h_D = 0 \text{ m}$, então $E_{pD} = 0 \text{ J}$, logo:

$$E_{pi} = E_{cD} \Leftrightarrow m g h_i = \frac{1}{2} m v_D^2 \Leftrightarrow g h_i = \frac{1}{2} v_D^2 \Leftrightarrow v_D = \sqrt{2 g h_i}$$

Desta expressão, conclui-se que o módulo da velocidade em D é independente das massas dos carrinhos, pelo que $v_I = v_{II}$, sendo a opção correta a (B).

GRUPO II

Considere uma garrafa térmica cujas paredes são formadas por duas camadas de plástico, entre as quais existe ar.

1. Se, em vez de ar, existisse vácuo entre as duas camadas de plástico, a taxa temporal de transferência de energia entre essas camadas seria menor por

- (A) condução, mas não por radiação.
- (B) condução e por radiação.
- (C) radiação, mas não por convecção.
- (D) radiação e por convecção.

1. (A)

A transferência de energia sob a forma de calor pode ocorrer por condução e convecção, que necessitam da presença de matéria, e por radiação, que se propaga no vácuo, pelo que a opção correta é a (A).

2. Introduziu-se uma amostra de 1,20 kg de um líquido, inicialmente a 80,0 °C, na garrafa térmica.

Na Figura 3, está representado o gráfico da temperatura, θ , dessa amostra, em função do tempo, t , num determinado intervalo de tempo.

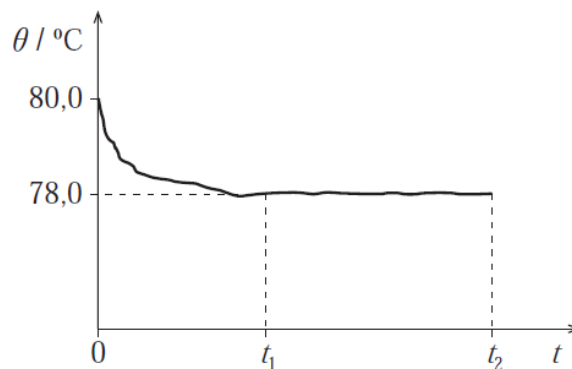


Figura 3

- 2.1. No intervalo de tempo _____, a energia cedida pelo líquido foi _____ à energia absorvida pelo líquido.

- (A) $[0, t_1]$... igual
- (B) $[t_1, t_2]$... inferior
- (C) $[0, t_1]$... inferior
- (D) $[t_1, t_2]$... igual

2.1. (D)

Uma vez que, no intervalo de tempo $[t_1, t_2]$, a temperatura da amostra se mantém constante, ou seja, está em equilíbrio térmico, conclui-se que a energia que absorve é igual à que cede, pelo que a opção correta é a (D).

- 2.2. No instante t_2 , introduziu-se, no líquido contido na garrafa térmica, uma esfera de metal, de massa 800 g e à temperatura de 4,0 °C. Verificou-se que o sistema *esfera + líquido* atingiu o equilíbrio térmico à temperatura de 73,0 °C.

Admita que a transferência de energia entre o sistema *esfera + líquido* e o exterior foi desprezável.

Determine o quociente entre a capacidade térmica mássica do líquido e a capacidade térmica mássica do metal constituinte da esfera.

Apresente todas as etapas de resolução.

2.2. 9,2

$$t_{\text{líquido}} = t_2 = 78,0 \text{ °C}; \quad m_{\text{líquido}} = 1,20 \text{ kg}; \quad m_{\text{metal}} = 800 \text{ g} = 0,800 \text{ kg}; \quad t_{\text{metal}} = 4,0 \text{ °C}; \quad t_{\text{final}} = 73,0 \text{ °C};$$

$$\frac{c_{\text{líquido}}}{c_{\text{metal}}} = ?$$

Dado que o sistema *esfera + líquido* é isolado, a variação da sua energia interna é nula, logo:

$$m_{\text{metal}} c_{\text{metal}} (t_{\text{final}} - t_{\text{metal}}) + m_{\text{líquido}} c_{\text{líquido}} (t_{\text{final}} - t_{\text{líquido}}) = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 0,800 c_{\text{metal}} (73,0 - 4,0) + 1,20 c_{\text{líquido}} (73,0 - 78,0) = 0 \Leftrightarrow 55,2 c_{\text{metal}} - 6,0 c_{\text{líquido}} = 0 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{c_{\text{líquido}}}{c_{\text{metal}}} = \frac{55,2}{6,0} = 9,2$$

O quociente entre a capacidade térmica mássica do líquido e a capacidade térmica mássica do metal que constitui a esfera é 9,2.

Exame Nacional de 2018 - 2.ª fase

GRUPO II

Numa aula laboratorial, estudou-se o movimento vertical de queda e de ressalto de diversas bolas, em condições em que a resistência do ar pode ser considerada desprezável.

Na atividade realizada, utilizou-se um sensor de posição ligado a um sistema de aquisição automática de dados. Em cada ensaio realizado, abandonou-se uma das bolas de uma posição situada sob o sensor, como representado na Figura 1 (que não está à escala).

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

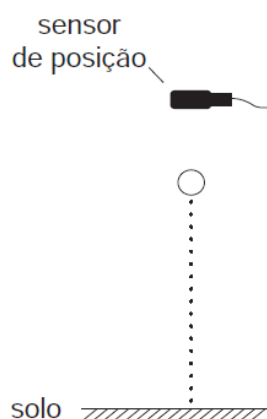


Figura 1

A Figura 2 apresenta o gráfico da distância de uma das bolas ao sensor, em função do tempo, obtido num dos ensaios realizados.

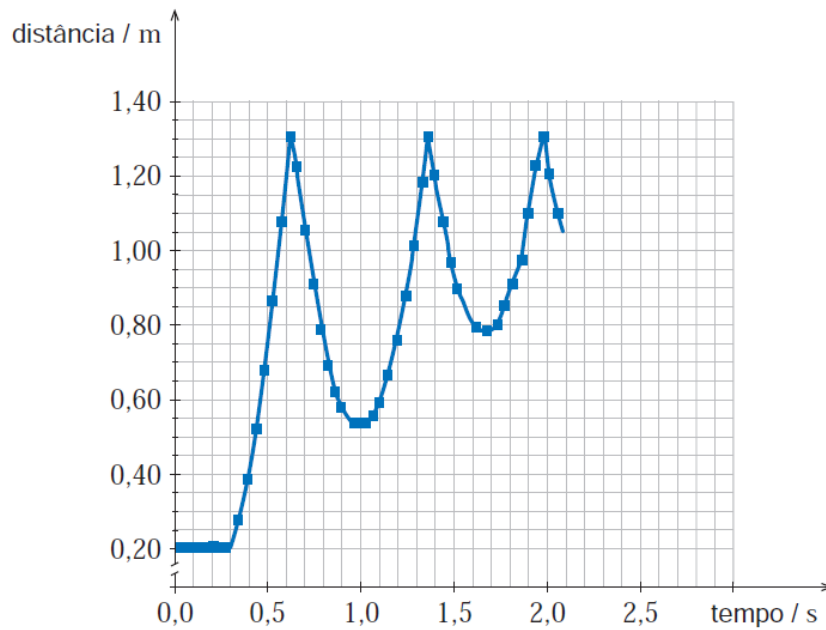


Figura 2

1. Qual foi a distância percorrida pela bola desde a posição em que foi abandonada, sob o sensor, até colidir pela primeira vez com o solo?

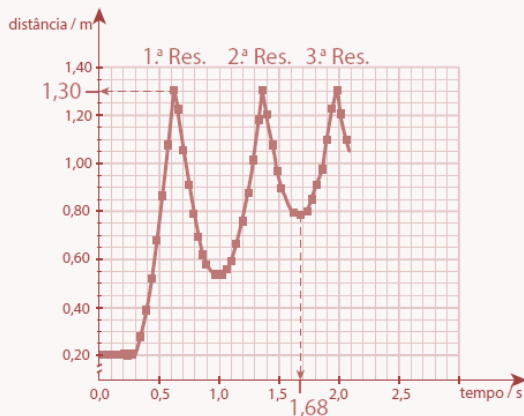
- (A) 1,10 m
- (B) 0,20 m
- (C) 1,30 m
- (D) 0,34 m

1. (A)

Da análise do gráfico representado na Figura 2 do enunciado, verifica-se que a bola é abandonada de uma posição que dista 20 cm do sensor e que ao colidir pela primeira vez com o solo se encontra a 1,30 m do mesmo, logo a distância percorrida é igual a $1,30 - 0,20 = 1,10$ m. A opção correta é a (A).

2. No segundo ressalto, em que instante a energia potencial gravítica do sistema *bola + Terra* é máxima?

2. 1,68 s



3. No terceiro ressalto, a bola terá atingido uma altura máxima de 0,37 m.

Qual terá sido o módulo da velocidade com que a bola abandonou o solo, nesse ressalto?

(A) $2,7 \text{ m s}^{-1}$

(B) $1,9 \text{ m s}^{-1}$

(C) $1,4 \text{ m s}^{-1}$

(D) $3,8 \text{ m s}^{-1}$

3. (A)

Durante a subida há conservação de energia, então,

$$E_{c_3} = E_{p_3} \Leftrightarrow \frac{1}{2} m v^2 = m g h \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow v = \sqrt{2 g h} \Rightarrow v = \sqrt{2 \times 10 \times 0,37} = 2,7 \text{ m s}^{-1}$$

A opção correta é a (A).

4. Explique, com base em considerações energéticas, porque é que a altura máxima atingida pela bola nos sucessivos ressaltos é cada vez menor.

Apresente, num texto estruturado e com linguagem científica adequada, a explicação solicitada.

4. Como a resistência do ar é desprezável quer durante a queda, quer durante a subida da bola há conservação de energia mecânica. Mais, ao atingir o solo a energia mecânica da bola é igual à energia cinética, pois este é considerado como nível de referência da energia potencial, e ao atingir a altura máxima a bola apenas possui energia potencial gravítica, pois nesta posição a velocidade é nula. Dado que durante a colisão com o solo há dissipação de energia mecânica, então a energia cinética com que o abandona é inferior à energia cinética com que o atinge. Assim, a energia potencial máxima após a colisão é inferior à que possuía no instante em que iniciou a queda. Dado que a energia potencial gravítica é diretamente proporcional à altura ($E_{pg} = m g h$), conclui-se que a altura máxima atingida pela bola nas sucessivas colisões é cada vez menor.

GRUPO III

1. Na Figura 3, está representado o gráfico da variação da temperatura, $\Delta\theta$, de uma amostra pura de 500 g de ferro, em função da energia, E , que seria necessário fornecer a essa amostra se o processo de aquecimento tivesse um rendimento de 100%.

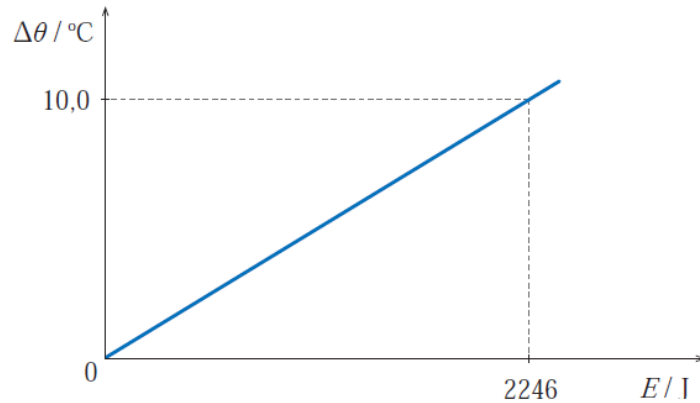


Figura 3

- 1.1. Quando aquela amostra foi aquecida por uma fonte de potência 40 W, durante 1,6 minutos, a sua temperatura aumentou 10,0 °C.

Qual foi o rendimento deste processo de aquecimento?

- (A) 71% (B) 42% (C) 58% (D) 29%

1.1. (C)

$$m = 500 \text{ g} = 0,500 \text{ kg}; P_{\text{disponível}} = 40 \text{ W};$$

$$\Delta t = 1,6 \text{ min} = 1,6 \times 60 \text{ s} = 96 \text{ s}$$

$$\Delta\theta = 10,0 \text{ °C}$$

$$\eta = ?$$

$$\text{Dado que } \eta = \frac{E_{\text{absorvida}}}{E_{\text{disponível}}} \times 100$$

há que calcular previamente

$$E_{\text{disponível}} = P_{\text{disponível}} \times \Delta t \Rightarrow E_{\text{disponível}} = 40 \times 96 = 3840 \text{ J}$$

e que recorrer ao gráfico da Figura 3 do enunciado para obter o valor da energia absorvida pela amostra de ferro, para a variação de temperatura de 10,0 °C.

$$E_{\text{absorvida}} = 2246 \text{ J}$$

Por fim, substitui-se na expressão do rendimento estes valores.

$$\eta = \frac{2246}{3840} \times 100 = 58,49\%$$

Dos valores apresentados nas várias opções, o que mais se aproxima deste valor é o da opção (C).

- 1.2. Um recipiente contém 1,50 kg de água, à temperatura de 20,0 °C. Uma esfera de ferro, de massa 850 g e inicialmente à temperatura de 70,0 °C, é introduzida na água.

Determine a temperatura de equilíbrio do sistema *água + esfera*, admitindo que o sistema é isolado.

Apresente todas as etapas de resolução.

1.2. 22,9 °C

$$m_{\text{água}} = 1,50 \text{ kg}; \theta_{\text{água}} = 20,0 \text{ °C}; c_{\text{água}} = 4,18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

$$m_{\text{Fe}} = 850 \text{ g} = 0,850 \text{ kg}; \theta_{\text{Fe}} = 70,0 \text{ °C}$$

$$\theta_{\text{final}} = ?$$

Como o sistema é isolado, a variação de energia interna, ΔU , do sistema água + ferro, é nula.

Assim, para determinar a temperatura de equilíbrio, θ_{final} , do sistema faz-se o balanço energético:

$$0 = E_{\text{água}} + E_{\text{Fe}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 0 = m_{\text{água}} c_{\text{água}} (\theta_{\text{final}} - \theta_{\text{água}}) + m_{\text{Fe}} c_{\text{Fe}} (\theta_{\text{final}} - \theta_{\text{Fe}}) \quad [2]$$

Mas há que determinar a capacidade térmica mássica do ferro, c_{Fe} , e, para tal, recorre-se ao gráfico da Figura 3 do enunciado, pois para $\Delta\theta_{\text{Fe}} = 10,0 \text{ °C}$, $m_{\text{Fe}} = 0,500 \text{ kg}$ a energia absorvida é $E_{\text{Fe}} = 2246 \text{ J}$. Assim:

$$2246 = 0,500 \times 10,0 c_{\text{Fe}} \Leftrightarrow c_{\text{Fe}} = \frac{2246}{5,00} = 449 \text{ J kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}$$

Finalmente, determina-se a temperatura de equilíbrio, recorrendo à expressão [2]

$$0 = 1,50 \times 4,18 \times 10^3 \times (\theta_{\text{final}} - 20,0) + 0,850 \times 449 (\theta_{\text{final}} - 70,0) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 0 = 6,27 \times 10^3 \times \theta_{\text{final}} - 1,25 \times 10^5 + 382 \times \theta_{\text{final}} - 2,67 \times 10^4 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 6,65 \times 10^3 \times \theta_{\text{final}} = 1,52 \times 10^5 \Leftrightarrow \theta_{\text{final}} = 22,9 \text{ °C}$$

A temperatura de equilíbrio atingida pelo sistema ferro + água é de 22,9 °C.

2. A energia necessária à fusão de 1,0 kg de ferro, inicialmente à temperatura de fusão, é $2,47 \times 10^2 \text{ kJ}$.

Que energia mínima, em joule, tem de ser absorvida por 500 g de ferro, à temperatura de fusão, para que o ferro se funda completamente?

(A) $\left(\frac{2,47 \times 10^2 \times 10^3}{0,500} \right) \text{ J}$

(B) $\left(\frac{2,47 \times 10^2 \times 10^{-3}}{0,500} \right) \text{ J}$

(C) $(0,500 \times 2,47 \times 10^2 \times 10^3) \text{ J}$

(D) $(0,500 \times 2,47 \times 10^2 \times 10^{-3}) \text{ J}$

2. (C)

$$m_{\text{Fe}} = 1,0 \text{ kg}; E_{\text{Fe}} = 2,47 \times 10^2 \text{ kJ} = 2,47 \times 10^2 \times 10^3 \text{ J}$$

Como o ferro se encontra à temperatura de fusão o valor da energia para fundir 1,0 kg é igual à entalpia de fusão, isto é, $\Delta H_{\text{fusão}} = 2,47 \times 10^2 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1}$

Como a energia necessária para fundir uma amostra de massa m à temperatura de fusão é $E = m \Delta H_{\text{fusão}}$, a energia para fundir a amostra de ferro de $m_{\text{Fe}} = 500 \text{ g} = 0,500 \text{ kg}$ é $E_{\text{Fe}} = (0,500 \times 2,47 \times 10^2 \times 10^3) \text{ J}$

A opção correta é a (C).

GRUPO I

Em cada local da Terra, a energia solar disponível depende, entre outros fatores, da estação do ano e das condições meteorológicas.

1. A Figura 1 representa um sistema de aquecimento de água, constituído por um depósito, um coletor solar plano com cobertura de vidro e um fluido que circula num circuito fechado, por convecção natural. Este fluido transfere energia, como calor, para a água contida no depósito.

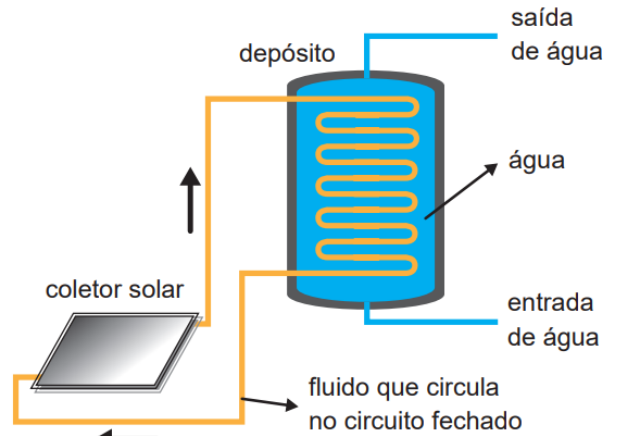


Figura 1

- 1.1. Considere que existe uma diferença significativa entre a temperatura da água que se encontra na parte inferior do depósito e a temperatura da água que se encontra na parte superior.

Compare a massa volúmica da água que se encontra na parte inferior do depósito com a massa volúmica da água que se encontra na parte superior.

1.1. Como a temperatura da água na parte inferior do depósito (entrada de água fria) é muito menor do que a que se encontra na parte superior deste (saída de água quente) e como a massa volúmica diminui com o aumento da temperatura, conclui-se que a água apresenta, na parte inferior do recipiente, um valor de massa volúmica superior ao que se verifica na parte superior do mesmo.

- 1.2. A cobertura de vidro do coletor solar é _____ à radiação visível incidente e _____ à maior parte da radiação infravermelha emitida no interior do coletor, o que contribui para o aumento da temperatura no interior do coletor.

(A) transparente ... opaca

(B) opaca ... transparente

(C) transparente ... transparente

(D) opaca ... opaca

1.2. (A)

O vidro é transparente à radiação visível e opaco à radiação infravermelha.

2. Um depósito com 120 kg de água está ligado a um coletor plano de área $4,0 \text{ m}^2$, que está exposto à radiação solar, em média, durante 8,0 h por dia. Nas condições de exposição, a potência média da radiação solar incidente por unidade de área é $5,1 \times 10^2 \text{ W m}^{-2}$.

2.1. A grandeza *potência por unidade de área* pode também ser expressa em

(A) kW h m^{-2}

(B) $\text{kJ s}^{-1} \text{m}^{-2}$

(C) kJ s m^{-2}

(D) $\text{kW h}^{-1} \text{m}^{-2}$

2.1. (B)

A potência da radiação por unidade de área, não é mais do que a irradiância, E_r , que pode também ser definida como a energia da radiação incidente, E , por unidade de tempo, Δt , e por unidade de área, A .

Assim como $E_r = \frac{E}{\Delta t A}$, e as respetivas unidades são

$$E_r = \frac{\text{kJ}}{\text{s m}^2} = \text{kJ s}^{-1} \text{m}^{-2}, \text{ conclui-se que a opção correta é a}$$

(B).

- 2.2. A temperatura da água contida no depósito aumenta, em média, $35 \text{ }^\circ\text{C}$, ao fim das 8,0 h diárias de exposição do coletor à radiação solar.

Determine o rendimento médio do processo de aquecimento considerado.

Apresente todas as etapas de resolução.

2.2. $\eta = 30\%$

$m = 120 \text{ kg}; A = 4,0 \text{ m}^2; E_r = 5,1 \times 10^2 \text{ W m}^{-2};$

$\Delta\theta = \Delta T = 35 \text{ }^\circ\text{C}; c = 4,18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$

$\Delta t = 8,0 \text{ h} = 8,0 \times 3,6 \times 10^3 \text{ s}$

$\eta = ?$

Dado que $\eta = \frac{P_{\text{absorvida}}}{P_{\text{incidente}}} \times 100$

há que calcular previamente:

$$P_{\text{absorvida}} = \frac{E_{\text{absorvida}}}{\Delta t} \Leftrightarrow P_{\text{absorvida}} = \frac{m c \Delta T}{\Delta t} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_{\text{absorvida}} = \frac{120 \times 4,18 \times 10^3 \times 35}{8,0 \times 3,6 \times 10^3} = 6,1 \times 10^2 \text{ W}$$

e

$$P_{\text{incidente}} = E_r \times A \Rightarrow P_{\text{incidente}} = 5,1 \times 10^2 \times 4,0 = 2,04 \times 10^3 \text{ W}$$

Finalmente,

$$\eta = \frac{6,1 \times 10^2}{2,04 \times 10^3} \times 100 = 30\%$$

O rendimento médio do processo de aquecimento foi de 30%.

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).

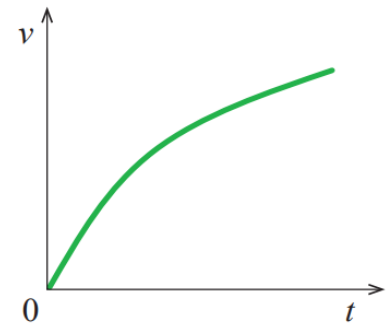


Figura 2

- 1.2. Conclua se a variação de energia cinética da esfera entre a posição em que é largada e o solo é maior, menor ou igual ao trabalho realizado pela força gravítica que nela atua, nesse deslocamento.

Apresente, num texto estruturado e com linguagem científica adequada, a fundamentação da conclusão solicitada.

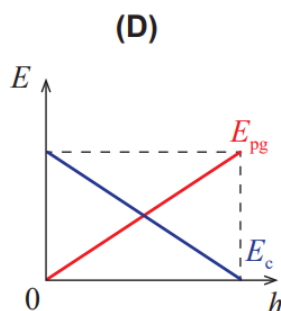
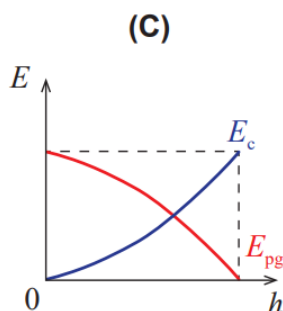
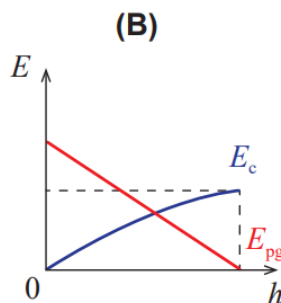
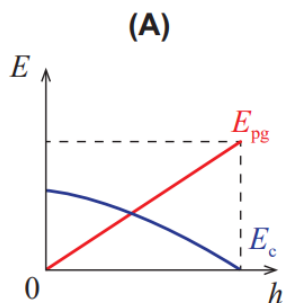
1.2. Da análise do gráfico representado na Figura 2 do enunciado, verifica-se que a taxa de variação temporal do módulo da velocidade, a aceleração, (declive da reta tangente em cada ponto à curva) está a diminuir com o tempo, o que implica que a resultante das forças que atuam sobre a esfera está a diminuir. Assim, pode afirmar-se que sobre a esfera, além da força gravítica, atuam forças não conservativas, cuja resultante tem sentido oposto ao do movimento (a queda), realizando, durante o deslocamento considerado, trabalho resistente.

Dado que o trabalho realizado pela resultante das forças é igual à soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas e pela força gravítica, $W_{\vec{F}_R} = W_{\vec{F}_{n\text{cons}}} + W_{\vec{F}_g}$, verifica-se que o trabalho da resultante das forças é menor do que o trabalho realizado pela força gravítica, $W_{\vec{F}_R} < W_{\vec{F}_g}$.

Do Teorema da Energia Cinética, a variação da energia cinética da esfera é igual ao trabalho da resultante das forças que sobre ela atuam durante o deslocamento considerado, $W_{\vec{F}_R} = \Delta E_c$; assim, do acima analisado, conclui-se que a variação da energia cinética da esfera é menor do que o trabalho realizado pela força gravítica durante a queda, $\Delta E_c < W_{\vec{F}_g}$.

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

Qual das opções pode representar um esboço dos gráficos da energia cinética, E_c , da esfera e da energia potencial gravítica, E_{pg} , do sistema *esfera + Terra*, em função da altura, h , a que a esfera se encontra do solo?



1.3. (A)

Com o aumento da altura, h , a que a esfera se encontra do solo, a energia potencial gravítica, E_{pg} , do sistema *esfera + Terra* aumenta, donde se eliminam as opções **(B)** e **(C)**.

Do já referido no item **1.2**, a energia cinética com que a esfera atinge o solo ($h = 0$) é inferior à energia potencial gravítica do sistema no início da queda desta, concluindo-se, assim, que a opção correta é a **(A)**.