Proposta de resolução da componente de Física do Exame Final Nacional de Física e Química A – 2025_1.ª Fase, versão 1

Exame Final Nacional de Física e Química A, 11.º ano de escolaridade, 1.ª Fase, Instituto de Avaliação Educativa, IAVE, 26/junho/2025, https://iave.pt/provas-e-exames/provas-e-exames/provas-e-exames-finais-nacionais-es/

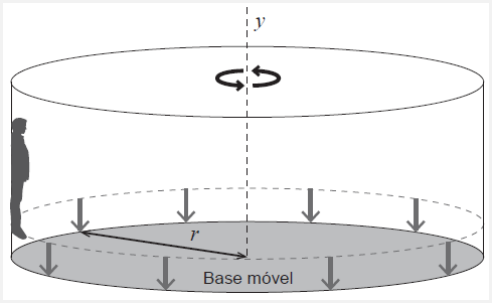
1.

1.1. (*)

(C)

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 mantém-se constante e a energia mecânica do sistema utilizador + Terra aumenta.

Notas:



- Na vizinhança da superfície da Terra, a energia potencial gravítica do sistema utilizador + Terra é dada por $E_{pg} = m\ g\ h$. Enquanto o utilizador se mantém com os pés sobre a base, a altura, h, permanece constante (a massa do utilizador, m, e a magnitude da aceleração gravítica, g, também se mantêm constantes), pelo que E_{pg} se mantém constante.
- A energia cinética do utilizador (considerado uma partícula) é dada por

$$E_c = \frac{1}{2} m\ v^2, \text{sendo } v = \omega\ r$$

Assim, a energia cinética do utilizador é dada por

$$E_c = \frac{1}{2}\ m\ \omega^2\ r^2$$

Conclui-se, então, que, sendo o raio da trajetória descrita pelo utilizador constante, a sua energia cinética aumenta quando a velocidade angular do cilindro aumenta.

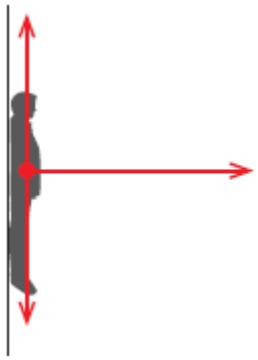
- Considerando que a energia mecânica do sistema utilizador + Terra é dada por $E_m = E_{pg} + E_c$, conclui-se que, aumentando a E_c, a energia mecânica do sistema utilizador + Terra também aumenta.

1.2.

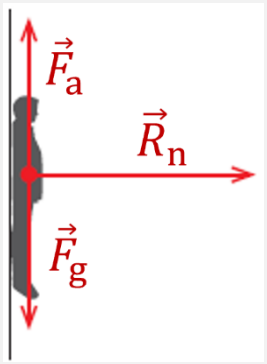
1.2.1.

(D)

O diagrama que pode representar, na mesma escala, as forças que atuam no utilizador, num instante após a descida da base móvel, é



Notas:



- Depois da base móvel ter descido, as forças que atuam sobre o utilizador são: $\vec{F}_g$, $\vec{F}_a$ e $\vec{R}_n$.
- O movimento do utilizador é circular e uniforme num plano horizontal, pelo que a resultante das forças segundo a vertical é nula.
- Assim, $\vec{F}_g$ e $\vec{F}_a$ anulam-se.
- A resultante das forças (igual a $\vec{R}_n$) num movimento circular e uniforme é radial e aponta para o centro da trajetória, isto é, centrípeta.

1.2.2.

(A)

A expressão que permite calcular o módulo da velocidade angular do cilindro, de modo a transmitir ao utilizador uma aceleração centrípeta três vezes superior a g é

$$\sqrt{\frac{3\,g}{r}}$$

Notas:

- Sendo o movimento do utilizador (considerado partícula) circular e uniforme, existe apenas a componente centrípeta da aceleração, que é dada por

$$a_c = \frac{v^2}{r}, \text{com } v = \omega\, r$$

pelo que $a_c = \omega^2\, r$

- Para que a aceleração centrípeta seja três vezes superior a g,

$$\omega^2\, r = 3\, g \Leftrightarrow \omega^2 = \frac{3\, g}{r} \Leftrightarrow \omega = \sqrt{\frac{3\, g}{r}}$$

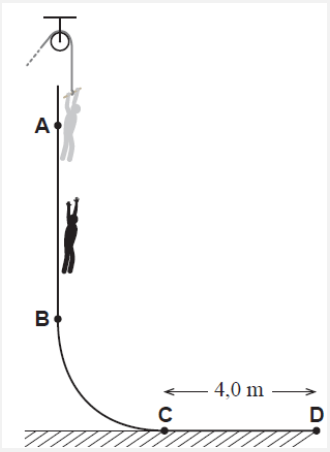
2.

2.1. (*)

(B)

Entre as posições A e B, atua no utilizador apenas uma força, e o tempo de queda não depende da sua massa.

Notas:



- Entre A e B, não estando o utilizador em contacto com a rampa e desprezando a força de resistência do ar e a sua impulsão, a única força que sobre ele atua é a força gravítica, pelo que a aceleração, enquanto se move entre essas posições, é a aceleração gravítica.
- Considerando que a velocidade em A é nula, a expressão que relaciona $\overline{\text{AB}}$ e o tempo de queda entre as referidas posições, t, é

$$\overline{\text{AB}} = \frac{1}{2}\, g\, t^2 \Leftrightarrow t = \sqrt{\frac{2\,\overline{\text{AB}}}{g}}$$

- Assim, podemos considerar que o tempo de queda não depende da massa do utilizador.

2.2. (*)

- Determinação da expressão da magnitude da força de atrito entre C e D:

  Considerando que a superfície é horizontal, no percurso de C a D, a resultante das forças é igual à força de atrito (a força gravítica e a reação normal anulam-se). Considerando a Lei Fundamental da Dinâmica, $\vec{F}_{\text{R}} = m\,\vec{a}$, e sabendo que, entre as posições C e D, a magnitude da aceleração é metade da da aceleração gravítica, temos:

$$F_{\text{a}} = m\,\frac{g}{2}$$

- Determinação do trabalho realizado pela força de atrito no percurso entre C e D:

  $W_{\vec{F}_{\text{a}}}^{\text{C}\to\text{D}} = F_{\text{a}}\, d \cos 180°$

  $W_{\vec{F}_{\text{a}}}^{\text{C}\to\text{D}} = -m\,\frac{g}{2} \times 4{,}0\ (\text{SI}) \Leftrightarrow W_{\vec{F}_{\text{a}}}^{\text{C}\to\text{D}} = -2{,}0 \times m\, g\ (\text{SI})$

- Determinação da expressão da energia mecânica em C:

  Considerando o Teorema da Energia Cinética e sabendo que força de atrito é a única força que realiza trabalho no percurso entre C e D, onde a velocidade é nula, temos:

  $\sum W = \Delta E_{\text{c}}, \text{com} \sum W = W_{\vec{F}_{\text{a}}}^{\text{C}\to\text{D}}$ e $\Delta E_{\text{c}} = -E_{\text{c}}(\text{C}) \Rightarrow E_{\text{c}}(\text{C}) = 2{,}0 \times m\, g\ (\text{SI})$

  Considerando o solo como nível de referência da energia potencial gravítica e sabendo que C se encontra ao nível do solo, temos: $E_{\text{m}}(\text{C}) = E_{\text{c}}(\text{C}) \Rightarrow E_{\text{m}}(\text{C}) = 2{,}0 \times m\, g$

- Determinação da expressão da energia mecânica em B:

  Considerando que se admite que a única força que atua no utilizador no percurso de A até B é a força gravítica, uma força conservativa, temos:

  $$E_{\mathrm{m}}(\mathrm{A}) = E_{\mathrm{m}}(\mathrm{B})$$

  Uma vez que a velocidade em A é nula, $E_{\mathrm{m}}(\mathrm{A}) = E_{\mathrm{pg}}(\mathrm{A})$

  Assim, $E_{\mathrm{m}}(\mathrm{B}) = m\ g\ h_{\mathrm{A}}$

  $E_{\mathrm{m}}(\mathrm{B}) = 8{,}0 \times m\ g$ (SI)

- Determinação da percentagem de energia mecânica em B dissipada entre B e C:

  $\frac{E_{\mathrm{dissipada}}}{E_{\mathrm{m}}(\mathrm{B})} \times 100\% = \frac{|E_{\mathrm{m}}(\mathrm{C}) - E_{\mathrm{m}}(\mathrm{B})|}{E_{\mathrm{m}}(\mathrm{B})} \times 100\%$, uma vez que $E_{\mathrm{dissipada}} = |\Delta E_{\mathrm{m}}|$

  $\frac{E_{\mathrm{dissipada}}}{E_{\mathrm{m}}(\mathrm{B})} \times 100\% = \frac{|2{,}0 \times m\ g - 8{,}0 \times m\ g|}{8{,}0 \times m\ g} \times 100\% \Leftrightarrow \frac{E_{\mathrm{dissipada}}}{E_{\mathrm{m}}(\mathrm{B})} \times 100\% = 75\%$

3. (*)

- Para que se observe o movimento do ponteiro do galvanómetro, que mede, por exemplo, a diferença de potencial elétrico, tem de existir movimento da barra magnetizada em relação à bobina, seja porque a barra e a bobina se afastam ou aproximam uma da outra, ou porque a sua orientação relativa se altera.

- O referido movimento provoca uma variação de fluxo do campo magnético na superfície delimitada por cada uma das espiras da bobina. Este fluxo deve-se apenas à variação de campo magnético, uma vez que o número de espiras, a área de cada espira e a orientação relativa da bobina e da barra magnetizada se mantém constantes.
- A existência de uma variação de fluxo do campo magnético na superfície delimitada por cada uma das espiras da bobina induz uma força eletromotriz (f.e.m.), que se traduz no aparecimento da corrente elétrica induzida.
- Se o movimento da barra magnetizada for rápido, a taxa de variação de fluxo do campo magnético é mais elevada, pelo que o módulo da f.e.m. induzida (máximo) é maior, sendo maior a amplitude do movimento do ponteiro do galvanómetro.
- Assim, o fator que influencia a amplitude do movimento do ponteiro do galvanómetro é a rapidez do movimento de aproximação e/ou de afastamento da barra magnetizada em relação à bobina (ou vice-versa).

4.

4.2.

(D)

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

Notas:

- A referência a "quando friccionados um contra o outro" sugere a transferência de energia sob a forma de trabalho.
- A referência a "sendo a temperatura da vizinhança igual à dos blocos de gelo" exclui a transferência de energia sob a forma de calor.
- Uma vez que os dois blocos de gelo fundem, há variação (aumento) da energia interna, que é dado por $\Delta U_{\text{blocos gelo}} = m_{\text{gelo}} \times \Delta h_{\text{fusão gelo}}$

5. (*)

- Determinação da variação de energia interna do sistema gelo + água líquida:

  Considerando que o recipiente é termicamente isolado, que a pressão é constante e que são desprezáveis as transferências de energia do sistema gelo + água líquida para o recipiente que o contém, a variação de energia interna do sistema é nula, $\Delta U_{\text{sistema}} = 0$ J.

  $\Delta U_{\text{sistema}} = \Delta U_{\text{água líquida}} + \Delta U_{\text{gelo fundente}}$

- Determinação da variação de energia interna da água líquida:

  Uma vez que só se verifica o arrefecimento da amostra de água líquida inicialmente à temperatura de 20,0 °C, temos:

  $\Delta U_{\text{água líquida}} = m_{\text{água líquida}} \times c_{\text{água líquida}} \times \Delta\theta_{\text{água líquida}}$

  $\Delta U_{\text{água líquida}} = 200{,}0 \times 10^{-3}\ \text{kg} \times 4{,}18 \times 10^{3}\ \text{J kg}^{-1}\ ^{\circ}\text{C}^{-1} \times (0{,}0\ ^{\circ}\text{C} - 20{,}0\ ^{\circ}\text{C}) \Leftrightarrow$

  $\Leftrightarrow \Delta U_{\text{água líquida}} = -1{,}672 \times 10^{4}\ \text{J}$

- Determinação da variação de energia interna do gelo fundente:

  Tendo em conta as considerações atrás referidas, $\Delta U_{\text{água líquida}} + \Delta U_{\text{gelo fundente}} = 0$ J

  $-1{,}672 \times 10^{4}\ \text{J} + \Delta U_{\text{gelo fundente}} = 0\ \text{J} \Leftrightarrow \Delta U_{\text{gelo fundente}} = 1{,}672 \times 10^{4}\ \text{J}$

- Determinação variação de entalpia mássica de fusão do gelo:

  Uma vez que só se verifica a fusão da amostra de gelo fundente, temos:

  $\Delta U_{\text{gelo fundente}} = m_{\text{gelo}} \times \Delta h_{\text{fusão gelo}}$

  Substituindo, fica:

  $1{,}672 \times 10^{4}\ \text{J} = 50{,}0 \times 10^{-3}\ \text{kg} \times \Delta h_{\text{fusão gelo}} \Leftrightarrow \Delta h_{\text{fusão gelo}} = 3{,}34 \times 10^{5}\ \text{J kg}^{-1}$

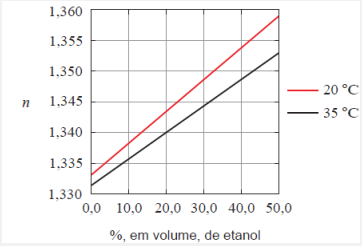
6.

6.1.

(C)

No gráfico, a ordenada na origem corresponde ao índice de refração da água pura e é menor para a temperatura mais elevada.

Notas:



- A ordenada na origem obtém-se quando a % em volume de etanol é nula pelo que a amostra só contém água.
- Considerando o gráfico, conclui-se que a ordenada na origem à temperatura de 20 °C é maior do que a ordenada na origem à temperatura de 35 °C.
- Assim, o índice de refração da água pura é menor a temperatura mais elevada.

6.2. (*)

(B)

Quando a radiação monocromática muda de meio, do vidro do prisma para a solução de etanol, a sua velocidade de propagação altera-se, e a sua frequência mantém-se.

Notas:

- A frequência de radiação monocromática depende da fonte, pelo que, quando a radiação se propaga num meio e passa a propagar noutro meio, a sua frequência não varia.
- O vidro do prisma e a solução aquosa de etanol apresentam índices de refração diferentes.
- Sendo o índice de refração (absoluto) de um meio dado por

$$n_{\text{meio}} = \frac{c}{v_{\text{meio}}}$$

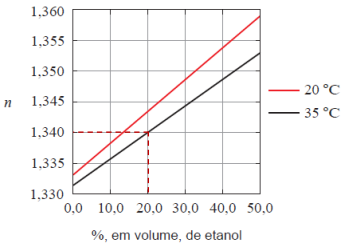
em meios com índices de refração diferentes para uma dada radiação monocromática, as velocidades de propagação dessa radiação são diferentes.

6.3. (*)

- Determinação do índice de refração da solução aquosa de etanol:

  Uma vez que a reflexão total da radiação monocromática que incide na superfície de um prisma de vidro e a amostra de solução aquosa de etanol em análise se verifica para ângulos de incidência superiores a 56,88°, o ângulo limite (ângulo de incidência para o qual o ângulo de refração é de 90°) é de 56,88°.
  Usando a expressão da Lei de Snell-Descartes, $n_{\text{vidro}} \sin \alpha_1 = n_{\text{sol.etanol}} \sin \alpha_2$, e fazendo $\alpha_1 = 56{,}88°$, temos:
  $1{,}60 \sin 56{,}88° = n_{\text{sol.etanol}} \sin 90° \Leftrightarrow n_{\text{sol.etanol}} = 1{,}340$

- Determinação da percentagem em volume, de etanol na solução, a 35 °C:



  Considerando o gráfico do índice de refração, n, de soluções aquosas de etanol em função da percentagem, em volume, de etanol, à temperatura de 35 °C, conclui-se que a percentagem em volume de uma solução aquosa de etanol com o índice de refração de 1,340 é de 20,0%.

- Relação entre concentração e percentagem em volume:

$$\%(V/V) = \frac{V_{\text{etanol}}}{V_{\text{solução}}} \times 100\% \xrightarrow{\rho_{\text{etanol}} = \frac{m_{\text{etanol}}}{V_{\text{etanol}}}} \%(V/V) = \frac{m_{\text{etanol}}}{\rho_{\text{etanol}} \times V_{\text{solução}}} \times 100\% \text{ (eq. 1)}$$

  Considerando a definição de massa molar, $M(\text{etanol}) = \frac{m_{\text{etanol}}}{n_{\text{etanol}}}$, e substituindo na (eq. 1), vem: $\%(V/V) = \frac{n_{\text{etanol}} \times M(\text{etanol})}{\rho_{\text{etanol}} \times V_{\text{solução}}} \times 100\%$

  Considerando a definição de concentração, $c = \frac{n_{\text{etanol}}}{V_{\text{solução}}}$, concluimos que

$$\%(V/V) = \frac{c \times M(\text{etanol})}{\rho_{\text{etanol}}} \times 100\% \Leftrightarrow c = \frac{\rho_{\text{etanol}} \times \%(V/V)}{M(\text{etanol}) \times 100\%} \text{ (eq. 2)}$$

- Cálculo da concentração da solução aquosa de etanol:

  Substituindo na eq. 2, vem:

$$c = \frac{789 \text{ g dm}^{-3} \times 20{,}0\%}{46{,}08 \text{ g mol}^{-1} \times 100\%} \Leftrightarrow c = 3{,}42 \text{ mol dm}^{-3}$$

7.

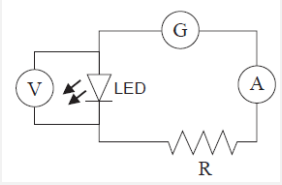
7.2.

7.2.1.

(C)

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 $4{,}3 \times 10^2\ \Omega$.

Notas:



- $U_{\text{G}} = U_{\text{LED}} + U_{\text{R}}$, sendo $U_{\text{R}} = R\ I$
- Assim, em condições recomendadas pelo fabricante e quando a diferença de potencial elétrico nos terminais do gerador é máxima, temos:

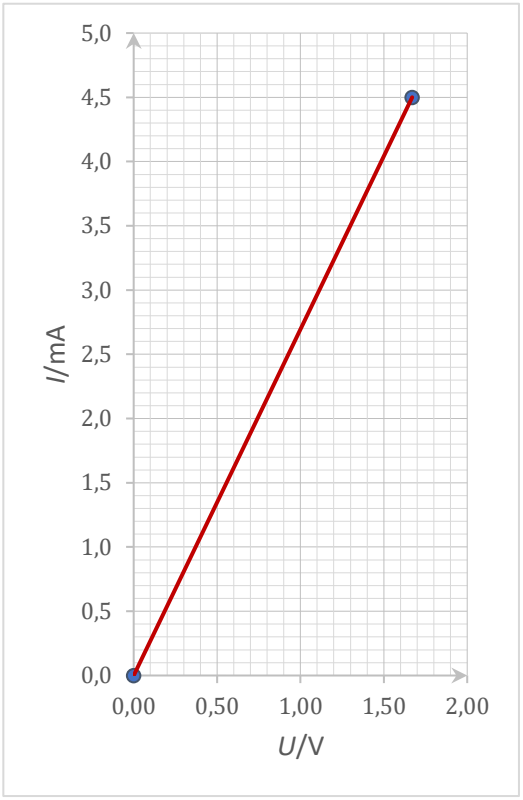
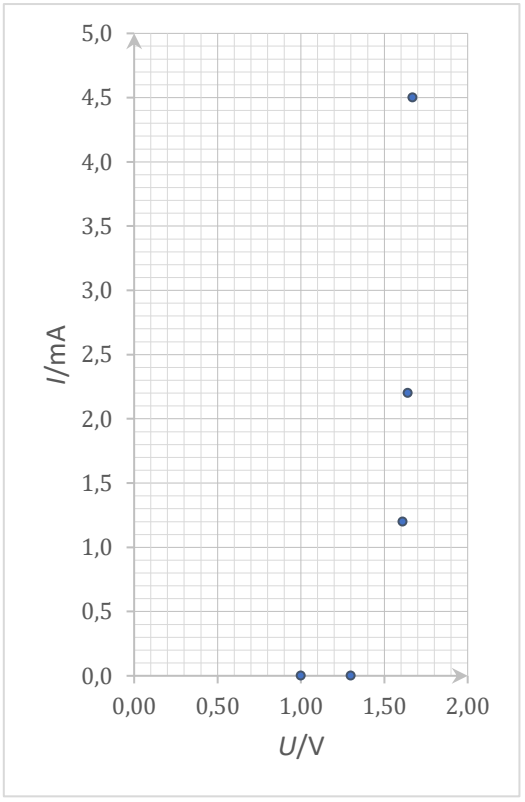
  $6{,}0 \text{ V} = 1{,}7 \text{ V} + R\ \times 10 \times 10^{-3} \text{ A} \Leftrightarrow$

  $\Leftrightarrow R = 4{,}3 \times 10^2\ \Omega$

7.2.2. (*)

- Se, eventualmente, a resistência elétrica do LED, a uma dada temperatura, permanecesse constante, a curva característica do LED teria a forma do gráfico ao lado, por exemplo, em que o inverso do seu declive seria numericamente igual à resistência elétrica do material semicondutor do LED expressa em kΩ.

  Dito por outras palavras, se, eventualmente, a resistência elétrica do LED, a uma dada temperatura, permanecesse constante, a corrente elétrica que atravessaria o LED seria diretamente proporcional à diferença de potencial elétrico nos seus terminais, em que a constante de proporcionalidade seria o inverso da resistência elétrica do material semicondutor do LED.



- Se, a partir da tabela $I = f(U)$, for traçado o gráfico de dispersão correspondente, conclui-se que a curva característica do LED não apresenta um traçado retilíneo (com ordenada na origem nula), pelo que, à temperatura a que foi realizada a experiência, a resistência elétrica do material semicondutor não permanece constante, dependendo da diferença de potencial elétrico nos terminais do LED.