

Proposta de Resolução do Exame Nacional de Física e Química A – 2.ª Fase, versão 1

Exame Final Nacional do Ensino Secundário, Prova Escrita de Física e Química A, 11.º Ano de Escolaridade, 2.ª Fase, Instituto de Avaliação Educativa, IAVE, 1/setembro/2021: iave.pt/wp-content/uploads/2021/09/EX-FQA715-F2-2021-V1_net.pdf

1. (componente de Química)

2.

2.1. (*)

(B)

A expressão que traduz corretamente a relação entre o módulo da aceleração da EEI, a_{EEI} , e o módulo da aceleração gravítica, g , à superfície da Terra é $a_{EEI} = 0,88 g$.

Notas:

- O módulo da aceleração gravítica à superfície da Terra é dado por

$$g = G \times \frac{m_{\text{Terra}}}{r_{\text{Terra}}^2}$$

- Uma vez que a região em que a EEI se move pode ser considerada como vácuo, a resultante das forças que atuam na EEI coincide com a força que a Terra exerce sobre a EEI em órbita. Logo,

$$m a_{EEI} = G \times \frac{m_{\text{Terra}} \times m}{r_{\text{órbita}}^2}$$

- Como $r_{\text{órbita}} = r_{\text{Terra}} + h$, em que a altitude, h , é cerca de 15 vezes inferior ao raio da Terra, vem:

$$a_{EEI} = G \times \frac{m_{\text{Terra}}}{\left(r_{\text{Terra}} + \frac{r_{\text{Terra}}}{15}\right)^2} \Leftrightarrow a_{EEI} = G \times \frac{m_{\text{Terra}}}{\left(\frac{16}{15} \times r_{\text{Terra}}\right)^2}$$

- Comparando o módulo da aceleração da EEI com o módulo da aceleração gravítica à superfície da Terra, tem-se:

$$\frac{a_{EEI}}{g} = \frac{G \times \frac{m_{\text{Terra}}}{\left(\frac{16}{15} \times r_{\text{Terra}}\right)^2}}{G \times \frac{m_{\text{Terra}}}{r_{\text{Terra}}^2}} \Leftrightarrow \frac{a_{EEI}}{g} = \left(\frac{15}{16}\right)^2 \Leftrightarrow \frac{a_{EEI}}{g} = 0,88$$

2.2.

2.2.1. (*)

(A)

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

Notas:

- Sendo as paredes da EEI revestidas por uma superfície refletora, o que significa que a fração de radiação incidente que é refletida é elevada, ou seja, é minimizada a absorção de radiação solar.
- A condução térmica é explicada através da interação das partículas constituintes dos sistemas (o mesmo pode ser referido para a convecção). Uma vez que se admitiu que a região em que a EEI se move pode ser considerada como vácuo, a condução térmica não é possível.
- Resta, portanto, como mecanismo de transferência de energia, a radiação.

2.2.2. (*)

- Cálculo da energia da radiação emitida pela EEI durante uma órbita, em média, para o espaço na ausência de avaria:

$$E_{\text{rad. emitida}} = P_{\text{rad. emitida}} \times \Delta t_{1 \text{ órbita}}, \text{ em que } P_{\text{rad. emitida}} = 30 \times 10^3 \text{ W e } \Delta t_{1 \text{ órbita}} = 1,5 \times 3600 \text{ s}$$

$$E_{\text{rad. emitida}} = 30 \times 10^3 \text{ W} \times 1,5 \times 3600 \text{ s} \Leftrightarrow E_{\text{rad. emitida}} = 1,62 \times 10^8 \text{ J}$$

- Cálculo da variação de energia interna da amostra de ar (energia absorvida pelo ar, $E_{\text{abs.}}$) existente numa dada zona no interior da EEI:

Havendo só variação de temperatura da amostra de ar, a variação de energia interna é dada por: $\Delta E_{\text{int}} = m \times c \times \Delta \theta$, em que m é a massa da amostra de ar, c a capacidade térmica mássica do ar e $\Delta \theta$ a variação de temperatura.

$$\Delta E_{\text{int}} = 1,1 \times 10^3 \text{ kg} \times 7,2 \times 10^2 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \times 17 \text{ }^\circ\text{C} \Leftrightarrow \Delta E_{\text{int}} = 1,35 \times 10^7 \text{ J}$$

- Cálculo da percentagem da energia absorvida pelo ar existente naquela zona no interior da EEI, em relação à energia que deveria ter sido transferida para o espaço:

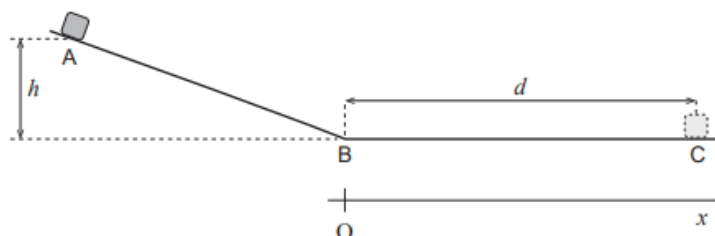
$$\frac{E_{\text{abs.}}}{E_{\text{rad. emitida}}} \times 100\% = \frac{1,35 \times 10^7 \text{ J}}{1,62 \times 10^8 \text{ J}} \times 100\% \Leftrightarrow \frac{E_{\text{abs.}}}{E_{\text{rad. emitida}}} \times 100\% = 8,3\%$$

2.3. (componente de Química)

3. (componente de Química)

4.

4.1. (*)



- Trabalho realizado pela força gravítica que atua no corpo entre as posições A e B e Teorema da Energia Cinética:

Considera-se que, no plano inclinado, as forças dissipativas que atuam no corpo são desprezáveis. Logo, sendo a reação normal perpendicular ao plano inclinado, no percurso de A até B a única força que realiza trabalho é a força gravítica. Usando o Teorema da Energia Cinética, tem-se:

$$W_{\vec{F}_g}^{A \rightarrow B} = E_{cB} - E_{cA} \rightarrow W_{\vec{F}_g}^{A \rightarrow B} = \frac{1}{2} \times m \times (v_B^2 - v_A^2)$$

Como o corpo é abandonado em A ($v_A = 0$), fica:

$$W_{\vec{F}_g}^{A \rightarrow B} = \frac{1}{2} \times m \times v_B^2$$

- Como a força gravítica não realiza trabalho entre B e C, conclui-se que

$$W_{\vec{F}_g}^{A \rightarrow C} = W_{\vec{F}_g}^{A \rightarrow B} = \frac{1}{2} \times m \times v_B^2$$

- Trabalho realizado pela força de atrito que atua no corpo entre as posições B e C e Teorema da Energia Cinética:

No percurso de B até C, a única força que realiza trabalho é a força de atrito. Usando o Teorema da Energia Cinética, tem-se:

$$W_{\vec{F}_a}^{B \rightarrow C} = E_{cC} - E_{cB} \rightarrow W_{\vec{F}_a}^{B \rightarrow C} = \frac{1}{2} \times m \times (v_C^2 - v_B^2)$$

Uma vez que o corpo acaba por parar em C ($v_C = 0$), fica:

$$W_{\vec{F}_a}^{B \rightarrow C} = -\frac{1}{2} \times m \times v_B^2$$

Como se considera que no plano inclinado as forças dissipativas que atuam no corpo são desprezáveis, conclui-se que

$$W_{\vec{F}_a}^{A \rightarrow C} = W_{\vec{F}_a}^{B \rightarrow C} = -\frac{1}{2} \times m \times v_B^2$$

- Resumindo, temos:

$$W_{\vec{F}_g}^{A \rightarrow C} = \frac{1}{2} \times m \times v_B^2$$

$$W_{\vec{F}_a}^{A \rightarrow C} = -\frac{1}{2} \times m \times v_B^2$$

Conclui-se que

$$\left| W_{\vec{F}_g}^{A \rightarrow C} \right| = \left| W_{\vec{F}_a}^{A \rightarrow C} \right|$$

4.2. (*)

- Dedução da expressão que relaciona d com h
 - Trabalho realizado pela força gravítica que atua no corpo entre as posições A e B:
A força gravítica é uma força conservativa, pelo que o trabalho por ela realizado é igual ao simétrico da variação de energia potencial gravítica

$$W_{\vec{F}_g}^{A \rightarrow B} = m g h$$

Por outro lado, enquanto o corpo se move no plano inclinado, considera-se que a única força que realiza trabalho é a força gravítica. Sendo o corpo abandonado em A, o trabalho realizado pela força gravítica é dado por:

$$W_{\vec{F}_g}^{A \rightarrow B} = \frac{1}{2} \times m \times v_B^2$$

- Trabalho realizado pela força de atrito que atua no corpo entre as posições B e C:
No percurso de B até C, a força de atrito é a única força que realiza trabalho. Como o corpo acaba por parar em C, o trabalho realizado pela força de atrito é dado por:

$$W_{\vec{F}_a}^{B \rightarrow C} = -\frac{1}{2} \times m \times v_B^2$$

Conclui-se, portanto, que o trabalho realizado pela força de atrito pode ser dado por:

$$W_{\vec{F}_a}^{B \rightarrow C} = -m g h$$

Sendo a força de atrito a resultante das forças (e admitindo que o corpo é representado pelo seu centro de massa), temos:

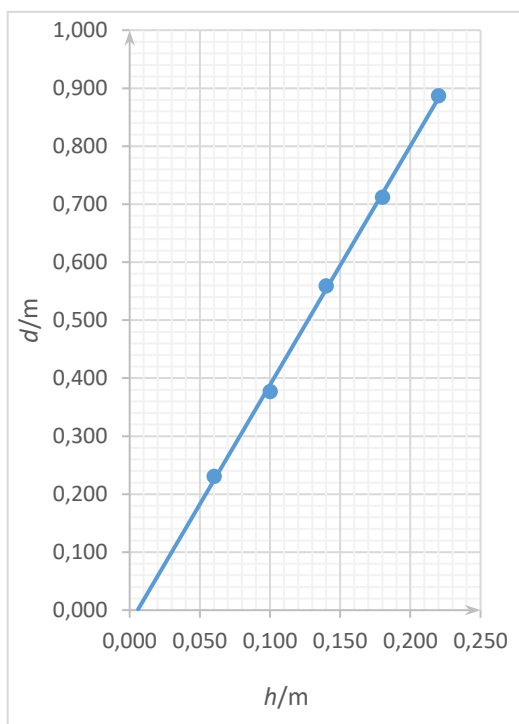
$$W_{\vec{F}_a}^{B \rightarrow C} = -m a d$$

- Comparando as duas últimas expressões, conclui-se que $m a d = m g h$, pelo que, sabendo que a componente escalar da aceleração, $a_x = -a$, se obtém a expressão

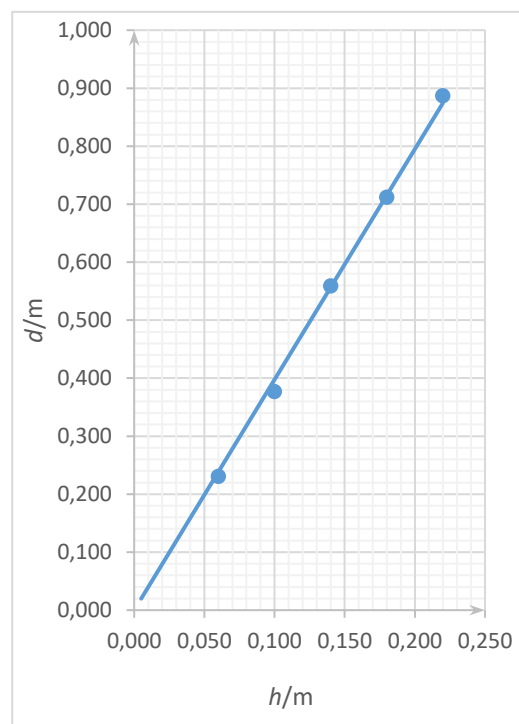
$$-a_x d = g h \Leftrightarrow d = \frac{g}{-a_x} h,$$

mostrando-se assim que d varia linearmente com h .

- Apresentação da equação da linha de ajuste ao gráfico $d = f(h)$ ¹



$$d = 4,12 h - 0,023 \text{ (SI)}$$



$$d = 3,97 h \text{ (SI)}$$

- Cálculo da componente escalar da aceleração, a_x
 Considerando a equação atrás deduzida,

$$d = \frac{g}{-a_x} h,$$

conclui-se que o declive da linha de ajuste é numericamente igual a

$$\frac{g}{-a_x}$$

$$4,12 = \frac{10 \text{ m s}^{-2}}{-a_x} \Leftrightarrow a_x = -2,4 \text{ m s}^{-2}$$

$$3,97 = \frac{10 \text{ m s}^{-2}}{-a_x} \Leftrightarrow a_x = -2,5 \text{ m s}^{-2}$$

¹ A lei a que se pretende ajustar os resultados experimentais é da forma $y = m x$ e deveria ser esse o ajuste feito. No entanto, as calculadoras gráficas permitem apenas a opção de ajustar a retas com ordenada não nula na origem, $y = m x + b$. Como o declive da reta de ajuste é diferente para os diferentes ajustes, apresentam-se ambas as soluções. Contudo, uma ordenada na origem não nula pode refletir a existência de um erro sistemático.

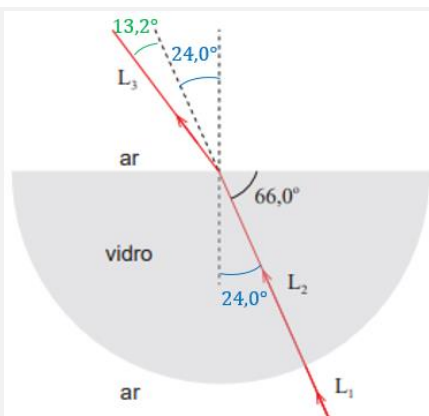
5.

5.1. (*)

A amplitude do ângulo de refração é 0° .

Notas:

- Observando a Figura 2 do enunciado da prova, conclui-se que o feixe L_1 incide na placa semicilíndrica numa direção radial, pelo que o ângulo de incidência é de 0° .
- Assim, o feixe L_2 propaga-se na mesma direção.



5.2. (*)

- Determinação do ângulo de incidência, α_{inc} (ângulo que o feixe L_2 faz com a normal à superfície de separação dos meios óticos vidro e ar no ponto de incidência):

$$\alpha_{\text{inc}} = 90,0^\circ - 66,0^\circ \Leftrightarrow \alpha_{\text{inc}} = 24,0^\circ$$

- Cálculo do ângulo de refração, α_{ref} (ângulo que o feixe L_3 faz com a normal à superfície de separação dos meios óticos vidro e ar no ponto de incidência):

$$\alpha_{\text{ref}} = 24,0^\circ + 13,2^\circ \Leftrightarrow \alpha_{\text{ref}} = 37,2^\circ$$

- Cálculo do índice de refração do vidro:

Usando a expressão da Lei de Snell-Descartes, vem:

$$n_{\text{vidro}} \sin \alpha_{\text{inc}} = n_{\text{ar}} \sin \alpha_{\text{ref}} \xrightarrow{n_{\text{ar}}=1,000} n_{\text{vidro}} \times \sin 24,0^\circ = \sin 37,2^\circ \Leftrightarrow n_{\text{vidro}} = 1,486$$

- Cálculo da velocidade de propagação da luz no vidro:

Usando a equação de definição de índice de refração absoluto, vem:

$$n_{\text{vidro}} = \frac{c}{v_{\text{vidro}}} \xrightarrow{c=3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}} 1,486 = \frac{3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{v_{\text{vidro}}} \Leftrightarrow v_{\text{vidro}} = 2,02 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

6.

6.1. (*)

(A)

O aumento da energia cinética do corpo é diretamente proporcional à distância percorrida pelo corpo, sendo igual à diminuição da energia potencial gravítica do sistema corpo + Terra.

Notas:

- Se as forças dissipativas são desprezáveis, enquanto o corpo desce o plano inclinado, a única força que realiza trabalho é a força gravítica. Usando o Teorema da Energia Cinética, tem-se:

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

- A força gravítica é uma força conservativa, pelo que o trabalho por ela realizado é igual ao simétrico da variação de energia potencial gravítica,

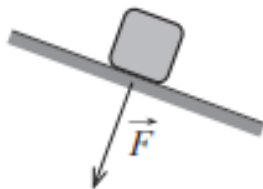
$$W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_{pg}$$

- Conclui-se, assim, que $\Delta E_c = -\Delta E_{pg}$, ou seja, o aumento de E_c é igual à diminuição de E_{pg} .

- Sendo as forças dissipativas desprezáveis, a componente da força gravítica na direção paralela à rampa é igual à resultante das forças, sendo o trabalho realizado por essa componente igual ao trabalho realizado pela força gravítica. Assim, $\Delta E_c = m g \sin \theta d$, pelo que ΔE_c é diretamente proporcional à distância percorrida pelo corpo.

6.2.

(B)
 O esquema onde está representada a força que o corpo exerce no plano inclinado é

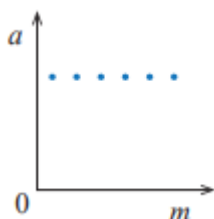


Nota:

- Sendo desprezáveis as forças dissipativas, a força que o corpo exerce no plano inclinado é perpendicular ao plano inclinado, atuando nesse plano.

6.3.

(D)
 O esboço de gráfico que pode traduzir o módulo da aceleração, a , do conjunto corpo + sobrecarga em função da respetiva massa, m , para sobrecargas de massas sucessivamente maiores é



Notas:

- Sendo as forças dissipativas desprezáveis, a componente da força gravítica na direção paralela à rampa é igual à resultante das forças.
- Assim, $m a = m g \sin \theta \Leftrightarrow a = g \sin \theta$, o que significa que a aceleração é independente da massa e constante para uma dada inclinação do plano.

7.

7.1.

(C)
 A energia fornecida a P, relativamente à energia fornecida a Q, num mesmo intervalo de tempo, é 3 vezes maior.

Notas:

- Para uma bateria real, $U = \varepsilon - r I$
- Considerando que as duas baterias são ideais (baterias cujas resistências internas podem ser consideradas nulas) idênticas e cada uma delas está ligada só a um dos dois recetores, conclui-se que as diferenças de potencial elétrico nos terminais desses recetores são iguais, $U_P = U_Q = U = \varepsilon$.
- A energia elétrica fornecida a um recetor num dado intervalo de tempo está relacionada com a diferença de potencial elétrico nos terminais pela expressão $E_{el.} = U I \Delta t$.
- Sendo os recetores puramente resistivos, essa energia também pode ser obtida a partir da expressão $E_{el.} = R I^2 \Delta t$.
- Usando a equação de definição de resistência elétrica e substituindo na última expressão, obtém-se:

$$E_{el.} = R I^2 \Delta t \xrightarrow{R = \frac{U}{I}} E_{el.} = R \left(\frac{U}{R} \right)^2 \Delta t \Leftrightarrow E_{el.} = \frac{U^2}{R} \times \Delta t,$$

concluindo-se que para a mesma diferença de potencial elétrico e para o mesmo intervalo de tempo, a energia elétrica fornecida a um recetor é inversamente proporcional à sua resistência elétrica.

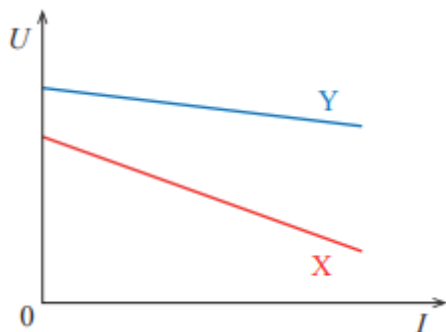
- Assim,

$$\frac{E_{el.P}}{E_{el.Q}} = \frac{R_Q}{R_P} \rightarrow \frac{E_{el.P}}{E_{el.Q}} = \frac{24 \text{ k}\Omega}{8 \text{ k}\Omega} \Leftrightarrow \frac{E_{el.P}}{E_{el.Q}} = 3$$

7.2.

(A)

O esboço de gráfico que pode traduzir as diferenças de potencial elétrico, U , nos terminais das pilhas X e Y, em função da corrente elétrica, I , fornecida, é



Notas:

▪ A curva característica de uma pilha é dada pela expressão:

$$U = \varepsilon - r I$$

▪ Quando uma pilha é utilizada para alimentar um circuito elétrico durante um intervalo de tempo significativo, constata-se que há diminuição da diferença de potencial elétrico nos seus terminais (numericamente igual à ordenada na origem da curva característica) e aumento da sua resistência interna (numericamente igual ao simétrico do declive da curva característica).

8. (componente de Química)

9. (componente de Química)

10. (componente de Química)