

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

Exame Final Nacional do Ensino Secundário, Prova Escrita de Física e Química A, 11.º Ano de Escolaridade, 1.ª Fase, Instituto de Avaliação Educativa, IAVE, 8/julho/2021: https://iave.pt/wp-content/uploads/2021/07/EX-FQA715-F1-2021-V1_net.pdf

1.

1.1. (*)

- Cálculo da variação de energia potencial gravítica do sistema discos + Terra nas 20 quedas dos discos:

$$\Delta E_{pg} = m g (h - h_0) \times 20, \text{ em que se considera } h = 0 \text{ m e } h_0 = 1,60 \text{ m}$$

$$\Delta E_{pg} = 26,3 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m s}^{-2} \times (-1,60 \text{ m}) \times 20 \Leftrightarrow \Delta E_{pg} = -8256 \text{ J}$$

- Cálculo da variação de energia interna da amostra de água contida no recipiente:

$$\Delta E_{int} = 0,952 \times |\Delta E_{pg}| \rightarrow \Delta E_{int} = 0,952 \times 8256 \text{ J} \Leftrightarrow \Delta E_{int} = 7860 \text{ J}$$

- Cálculo da capacidade térmica mássica da água:

Considerando que só há variação de temperatura, $\Delta t = 0,313 \text{ }^\circ\text{C}$, da amostra de água, a variação de energia interna é dada por: $\Delta E_{int} = m \times c \times \Delta t$, em que m é a massa da amostra de água e c a capacidade térmica mássica da água. Substituindo, vem:

$$7860 \text{ J} = 6,04 \text{ kg} \times c \times 0,313 \text{ }^\circ\text{C} \Leftrightarrow c = 4,16 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

1.2. (*)

A soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuaram nos discos na parte do percurso em que os discos caíram com velocidade constante é nula.

Notas:

- Se numa parte do percurso a velocidade é constante, nessa parte do percurso a energia cinética dos discos é constante, ou seja, a variação de energia cinética dos discos é nula.
- Considerando o Teorema da Energia Cinética, segundo o qual o somatório dos trabalhos é igual à variação de energia cinética, conclui-se que o somatório dos trabalhos é nulo.

Ou

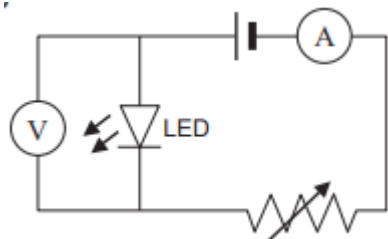
- A aceleração dos discos animados de movimento de translação, no intervalo de tempo em que a sua velocidade é constante, é nula. O que significa que a resultante das forças também é nula, não realizando por isso trabalho.

2.

2.1. (*)

(B)

O esquema de circuito elétrico que permite obter a curva característica do LED é



Nota:

- Na Figura 2 do enunciado da prova, representa-se o gráfico da corrente elétrica, I , num LED, em função da diferença de potencial elétrico, U , nos seus terminais, pelo que o voltímetro tem de ser ligado aos terminais do LED.

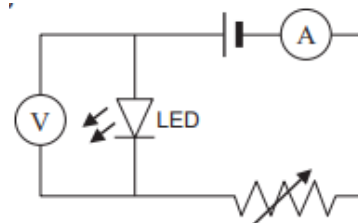
2.2. (*)

- Leitura a partir do gráfico da diferença de potencial elétrico nos terminais do LED quando a corrente elétrica que o atravessa é de 20,0 mA:

O gráfico mostra que, quando a corrente elétrica no LED é de 20,0 mA, a diferença de potencial elétrico nos seus terminais é de 1,950 V (máximo da diferença de potencial elétrico em “condições de segurança”).

- Cálculo do valor mínimo para a diferença de potencial elétrico nos terminais do reóstato, em condições de segurança:

Considerando o esquema do circuito elétrico usado para obter a curva característica do LED, conclui-se que a diferença de potencial elétrico nos terminais da pilha, U , é igual à soma da diferença de potencial nos terminais do LED, U_{LED} , com a diferença de potencial nos terminais do reóstato, $U_{reóstato}$.



Considerando que a pilha é ideal (a resistência interna da pilha, r , é considerada nula), a diferença de potencial elétrico nos terminais da pilha, $U = \varepsilon - r I$, é igual à sua força eletromotriz, ε .

Assim,

$$U = U_{LED} + U_{reóstato} \rightarrow 4,50 \text{ V} = 1,950 \text{ V} + U_{reóstato} \Leftrightarrow U_{reóstato} = 2,55 \text{ V}$$

- Cálculo do valor mínimo da resistência elétrica introduzida pelo reóstato, $R_{reóstato_mín}$, em condições de segurança:

Usando a equação de definição de resistência elétrica, tem-se:

$$R_{reóstato_mín} = \frac{U_{reóstato}}{I_{máx}} \rightarrow R_{reóstato_mín} = \frac{2,55 \text{ V}}{20 \times 10^{-3} \text{ A}} \Leftrightarrow R_{reóstato_mín} = 1,3 \times 10^2 \Omega$$

Nota:

No limite das “condições de segurança”, a resistência elétrica do material semicondutor do LED é:

$$R_{LED_mín} = \frac{U_{LED_máx}}{I_{máx}} \rightarrow R_{LED_mín} = \frac{1,950 \text{ V}}{20 \times 10^{-3} \text{ A}} \Leftrightarrow R_{LED_mín} = 98 \Omega$$

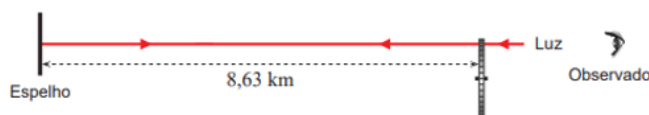
3.

3.1. (*)

- Cálculo da distância percorrida, d , pelo feixe de luz:

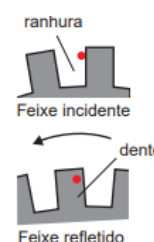
$$d = 2 \times d_{roda-espelho}$$

$$d = 2 \times 8,63 \times 10^3 \text{ m} \Leftrightarrow d = 1,726 \times 10^4 \text{ m}$$



- Cálculo do intervalo de tempo desde o instante em que o feixe incidente passava pela ranhura até ao instante em que o feixe refletido incidia no dente:

$$\frac{360^\circ}{12,6 \text{ s}} = \frac{0,250^\circ}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = 5,511 \times 10^{-5} \text{ s}$$



- Cálculo da velocidade de propagação da luz no ar, tal como é obtida a partir da experiência descrita:

$$c = \frac{d}{\Delta t} \rightarrow c = \frac{1,726 \times 10^4 \text{ m}}{5,511 \times 10^{-5} \text{ s}} \Leftrightarrow c = 3,13 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

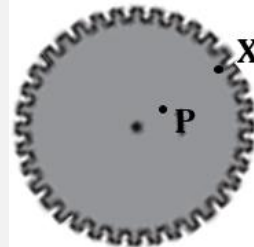
3.2. (*)

(C)

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

Notas:

- Considerem-se os pontos X e P da roda dentada. Qualquer um dos pontos descreve uma volta completa em torno do eixo de rotação no mesmo intervalo de tempo. Assim, a velocidade angular de X é igual à velocidade angular de P.
- Porque a distância de X ao eixo de rotação é maior do que a distância de P a esse eixo, em intervalos de tempo iguais, a distância percorrida por X é maior do que a distância percorrida por P. Logo, o ponto X move-se mais rapidamente, pelo que o módulo da sua velocidade é maior do que o módulo da velocidade de P.



4. (*)

- Uso da expressão da Lei de Snell-Descartes:

$$n_{\text{ar}} \sin \alpha_{\text{inc}} = n_{\text{vidro}} \sin \alpha_{\text{ref}} \xrightarrow{n_{\text{ar}}=1,000} \sin \alpha_{\text{inc}} = n_{\text{vidro}} \sin \alpha_{\text{ref}} \quad (\text{Equação 1})$$

OU

$$\sin \alpha_{\text{ref}} = \frac{1}{n_{\text{vidro}}} \sin \alpha_{\text{inc}} \quad (\text{Equação 2})$$

- Apresentação de uma tabela com os valores a utilizar na construção de um gráfico adequado à determinação do índice de refração:

Tabela $\sin \alpha_{\text{ref}} = f(\sin \alpha_{\text{inc}})^1$ (correspondente ao gráfico $\sin \alpha_{\text{ref}} = f(\sin \alpha_{\text{inc}})$)

$\sin \alpha_{\text{inc}}$	$\sin \alpha_{\text{ref}}$
$\sin 30,0^\circ$	$\sin 17,5^\circ$
$\sin 40,0^\circ$	$\sin 23,0^\circ$
$\sin 50,0^\circ$	$\sin 27,5^\circ$
$\sin 60,0^\circ$	$\sin 30,5^\circ$
$\sin 70,0^\circ$	$\sin 34,5^\circ$

ou

$\sin \alpha_{\text{inc}}$	$\sin \alpha_{\text{ref}}$
0,5000	0,3007
0,6428	0,3907
0,7660	0,4617
0,8660	0,5075
0,9397	0,5664

OU

Tabela $\sin \alpha_{\text{inc}} = f(\sin \alpha_{\text{ref}})$ (correspondente ao gráfico $\sin \alpha_{\text{inc}} = f(\sin \alpha_{\text{ref}})$)

$\sin \alpha_{\text{ref}}$	$\sin \alpha_{\text{inc}}$
$\sin 17,5^\circ$	$\sin 30,0^\circ$
$\sin 23,0^\circ$	$\sin 40,0^\circ$
$\sin 27,5^\circ$	$\sin 50,0^\circ$
$\sin 30,5^\circ$	$\sin 60,0^\circ$
$\sin 34,5^\circ$	$\sin 70,0^\circ$

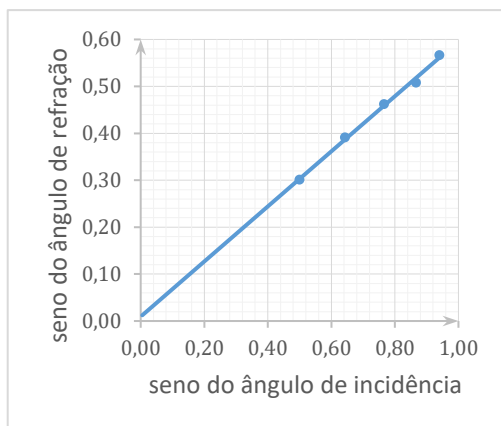
ou

$\sin \alpha_{\text{ref}}$	$\sin \alpha_{\text{inc}}$
0,3007	0,5000
0,3907	0,6428
0,4617	0,7660
0,5075	0,8660
0,5664	0,9397

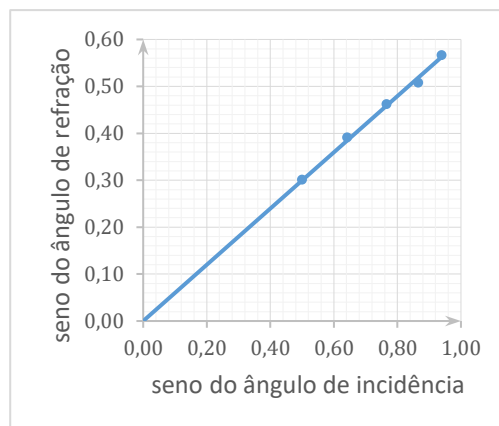
¹ $\sin \alpha_{\text{ref}}$ (ou o ângulo de refração, α_{ref}) é a variável dependente, o que corresponde à situação experimental.

- Apresentação da equação da reta de ajuste ao gráfico²

Obtida a partir do gráfico $\sin \alpha_{\text{ref}} = f(\sin \alpha_{\text{inc}})$



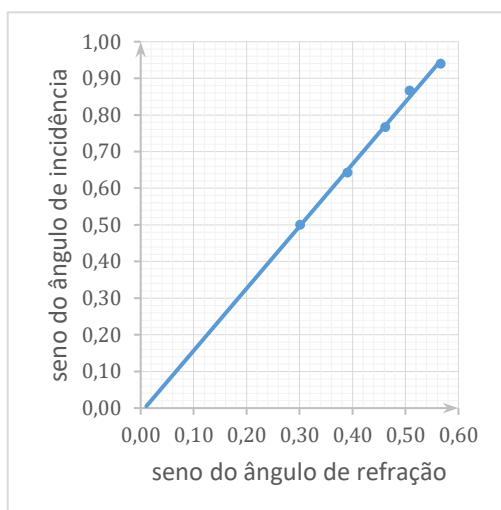
$$\sin \alpha_{\text{ref}} = 0,5870 \sin \alpha_{\text{inc}} + 0,0093$$



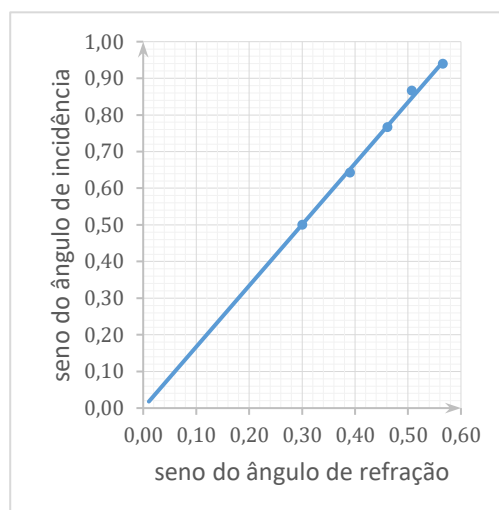
$$\sin \alpha_{\text{ref}} = 0,5990 \sin \alpha_{\text{inc}}$$

OU

Obtida a partir do gráfico $\sin \alpha_{\text{inc}} = f(\sin \alpha_{\text{ref}})$



$$\sin \alpha_{\text{inc}} = 1,697 \sin \alpha_{\text{ref}} - 0,013$$



$$\sin \alpha_{\text{inc}} = 1,669 \sin \alpha_{\text{ref}}$$

- Apresentação da equação da reta de ajuste ao gráfico³

Considerando a Equação 2, conclui-se que o índice de refração é numericamente igual ao inverso do declive da reta de ajuste cuja equação é

$$\sin \alpha_{\text{ref}} = 0,5870 \sin \alpha_{\text{inc}} + 0,0093$$

Logo, $n_{\text{vidro}} = 1,70$

OU

Considerando a Equação 1, conclui-se que o índice de refração é numericamente igual ao declive da reta de ajuste cuja equação é

$$\sin \alpha_{\text{inc}} = 1,697 \sin \alpha_{\text{ref}} - 0,013$$

Logo, $n_{\text{vidro}} = 1,70$

$$\sin \alpha_{\text{ref}} = 0,5990 \sin \alpha_{\text{inc}}$$

Logo, $n_{\text{vidro}} = 1,67$

$$\sin \alpha_{\text{inc}} = 1,669 \sin \alpha_{\text{ref}}$$

Logo, $n_{\text{vidro}} = 1,67$

² 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.

³ Idem

9.

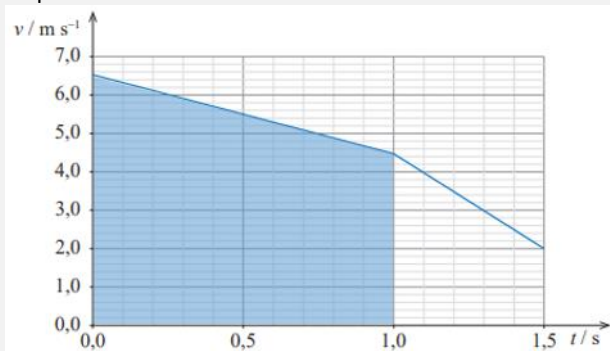
9.1.

(A)

A distância entre as posições A e B é de 5,5 m.

Notas:

- A distância entre os pontos A e B é numericamente igual à área do gráfico $v = f(t)$, ou seja, é numericamente igual à área do trapézio a azul.

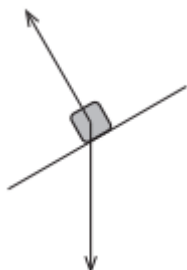


- O valor numérico da área do trapézio é dada por $\frac{6,5 + 4,5}{2} \times 1,0 = 5,5$

9.2. (*)

(A)

O diagrama que pode representar, numa mesma escala, as forças que atuam no corpo, na subida da rampa, entre as posições B e C é



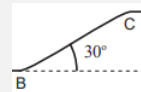
Notas:

- Na ausência de atrito, a resultante das forças que atuam sobre um corpo, considerado uma partícula, que se move ao longo de uma rampa com inclinação de 30° , sujeito apenas à força gravítica e à reação normal, é igual à componente da força gravítica na direção paralela à rampa.

Assim,

$$m a = m g \sin 30^\circ \Leftrightarrow a = g \sin 30^\circ$$

O que significa que o corpo se move com uma aceleração cujo módulo é, aproximadamente, $5,0 \text{ m s}^{-2}$.

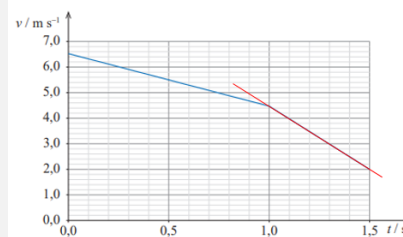


- Por outro lado, a componente escalar da aceleração é numericamente igual ao declive da reta tangente ao gráfico $v = f(t)$ correspondente ao percurso entre as posições B e C (reta a vermelho).

Esse declive é dado por:

$$\frac{4,5 - 2,0}{1,5 - 1,0} = -5,0$$

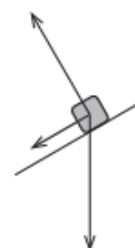
O que significa que o corpo se move com uma aceleração cujo módulo é, aproximadamente, $5,0 \text{ m s}^{-2}$.



- Conclui-se, assim, que a variação de velocidade entre B e C se deve apenas à ação da força gravítica.

- Se a escala para representar as forças é a mesma, de acordo com a representação em B, temos a força de atrito praticamente igual à componente da força gravítica na direção paralela à rampa (conforme se pode constatar usando uma régua), o que conduziria a uma componente escalar da aceleração de aproximadamente $-10,0 \text{ m s}^{-2}$.

(B)

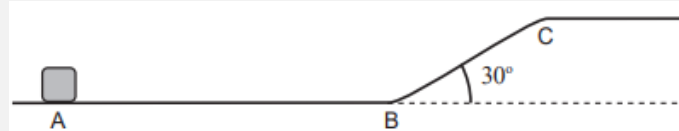


9.3.

(D)

Pode afirmar-se que no percurso do corpo entre as posições A e C $|\Delta E_c| > |\Delta E_{pg}|$ e $|\Sigma W| > |W_{\vec{F}_g}|$

Notas:



- No percurso de A até B, $W_{\vec{F}_g}^{A \rightarrow B} = 0 \text{ J}$;
 no percurso de B até C, $W_{\vec{F}_g}^{B \rightarrow C} = -(E_{pgC} - E_{pgB}) < 0 \text{ J}$.
 Logo, no percurso de A até C, $W_{\vec{F}_g}^{A \rightarrow C} = -(E_{pgC} - E_{pgB})$, ou seja, $W_{\vec{F}_g}^{A \rightarrow C} = -\Delta E_{pg}$
- No percurso de B até C, a diminuição de energia cinética é no mínimo igual ao aumento da energia potencial gravítica nesse percurso;
 no percurso de A até B, o módulo da velocidade diminui, pelo que há diminuição de energia cinética também nesse percurso.
 Logo, no percurso de A até C, $|\Delta E_c| > |\Delta E_{pg}|$
- Havendo diminuição da energia cinética no percurso de A até B, o trabalho realizado pela resultante das forças nesse percurso é negativo. Como o trabalho realizado pela força gravítica no percurso de B até C também é negativo, conclui-se que $|\Sigma W| > |W_{\vec{F}_g}|$.

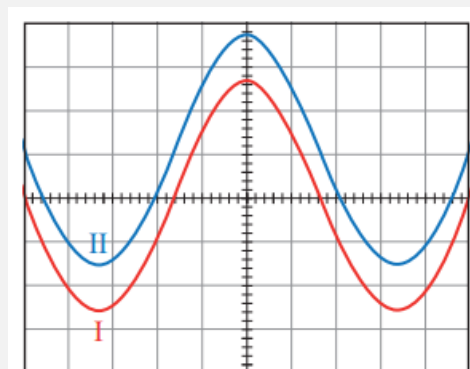
10.

10.1.

(A)

A frequência do sinal I é $3,0 \times 10^2 \text{ Hz}$ e a amplitude desse sinal é igual à amplitude do sinal II.

Notas:



- O intervalo de tempo referente ao sinal apresentado no ecrã do osciloscópio corresponde a um período e meio. Como a base de tempo está regulada para $0,5 \text{ ms/DIV}$, pode concluir-se que $0,5 \times 10^{-3} \text{ s/DIV} \times 10 \text{ DIV} = 1,5 \times T \Leftrightarrow T = \frac{5 \times 10^{-3} \text{ s}}{1,5}$
- Sendo a frequência por definição o inverso do período, vem:
 $f = \frac{1}{T} \rightarrow f = \frac{1,5}{5 \times 10^{-3} \text{ s}} \Leftrightarrow f = 3,0 \times 10^2 \text{ Hz}$
- Observando a imagem do ecrã do osciloscópio, pode concluir-se que a distância pico a pico do sinal I é aproximadamente igual à do sinal II, pelo que se pode afirmar que a amplitude do sinal I é igual à do sinal II, o que corresponde ao esperado, pois os dois microfones foram colocados à mesma distância de um altifalante.

10.2.

A SPF concluiu que nenhum dos gráficos está correto, porque o afastamento do microfone que originava o sinal II de um quarto de comprimento de onda implica que este deveria estar atrasado de um quarto de período relativamente ao sinal I, isto é, o pico do sinal II deveria aparecer à direita do pico do sinal I.

Estando o microfone que originava o sinal II mais longe, o sinal nele detetado num certo instante é um sinal emitido pelo altifalante antes do sinal que está nesse mesmo instante a ser detetado pelo outro microfone. É esta a razão para o desfasamento. Além disso, há atenuação do sinal II que está bem refletida na opção C.