



FÍSICA

PROPOSTAS DE RESOLUÇÃO

CARLA RODRIGUES
CARLA SANTOS
LÚCIA MIGUELOTE
PAULO SANTOS
SOFIA MACHADO

11

FÍSICA E QUÍMICA A

11.º ANO / ENSINO SECUNDÁRIO

DOMÍNIO MECÂNICA



TEMPO, POSIÇÃO E VELOCIDADE

1.1 REFERENCIAL E POSIÇÃO

Página 32

1.
 - 1.1. Opção (C)
 - 1.2. Trajetória curvilínea.
2.
 - 2.1. Trajetória retilínea.
 - 2.2. Opção (C)
3.
 - 3.1. Opção (D).
 - 3.2. (A) Partindo de uma determinada posição, o aluno começa por se afastar do sensor, para um instante e regressa à posição inicial.
(B) Partindo de uma determinada posição, o aluno aproxima-se do sensor de posição, inverte o sentido e, em seguida, afasta-se até uma posição final, mais distante do sensor do que a posição inicial.
(C) Depois de permanecer alguns instantes numa posição, o aluno afasta-se do sensor, inverte sentido e volta a aproximar-se da posição inicial com uma rapidez semelhante.
 - 3.3. A origem do referencial é a posição do sensor de movimento.

Página 33

4.
 - a) $y_1 = 6,0 \text{ m}$; $y_2 = 7,2 \text{ m}$; $y_3 = 0,0 \text{ m}$
 - b) $y_1 = 0,0 \text{ m}$; $y_2 = 1,2 \text{ m}$; $y_3 = -6,0 \text{ m}$

1.2 DISTÂNCIA PERCORRIDA E DESLOCAMENTO

5. A afirmação é falsa porque o deslocamento é uma grandeza física vetorial, pelo que, para que dois deslocamentos sejam iguais, além de terem o mesmo módulo, terão de apresentar a mesma direção e o mesmo sentido.
6. Opção (B).
7.
 - 7.1. $x = -25 \text{ m}$
 - 7.2. $x = 20 \text{ m}$
 - 7.3. $d = |\Delta x_1| + |\Delta x_2| + |\Delta x_3| = 15 + 5 + 10 = 30 \text{ m}$
 - 7.4. $\Delta x = x_f - x_i \Rightarrow \Delta x = -20 - (-40) = 20 \text{ m}$

8.

8.1. O estudante parte da posição -150 m em relação à origem das posições; iniciou o movimento no sentido positivo, aproximando-se da biblioteca, que corresponde à origem do referencial. Manteve-se em repouso durante 60 s e retomou o movimento, deslocando-se no sentido positivo. Inverteu, depois, o sentido do movimento e, deslocando-se no sentido negativo, aproximou-se novamente da biblioteca, onde terminou o movimento aos 300 s.

8.2. O estudante demorou 60 s a requisitar o livro.

8.3. A distância total percorrida corresponde à soma do percurso efetuado no sentido positivo e no sentido negativo:

$$d = |\Delta x_1| + |\Delta x_2| + |\Delta x_3| + |\Delta x_4| = |0 - (-150)| + 0 + |50 - 0| + |0 - 50|$$

$$d = 150 + 50 + 50 = 250 \text{ m}$$

A componente escalar do deslocamento corresponde à diferença entre a posição final e a posição inicial:

$$\Delta x = x_f - x_i \Rightarrow \Delta x = 0 - (-150) = 150 \text{ m}$$

1.3 RAPIDEZ MÉDIA, VELOCIDADE MÉDIA E VELOCIDADE

Página 34

9.

9.1. $v = \frac{72}{3,6} = 20 \text{ m s}^{-1}$

9.2. O módulo da velocidade média resulta do quociente entre o módulo do deslocamento e o intervalo de tempo. Como a posição inicial e final do movimento numa volta completa coincidem, o módulo do deslocamento é nulo e, consequentemente, o módulo da velocidade média também é nulo.

9.3. Será diferente: embora a componente escalar da velocidade média seja nula, a rapidez média não será nula porque mede a distância percorrida por unidade de tempo. Como, apesar das posições inicial e final coincidirem, houve movimento e, portanto, distância percorrida, que corresponde ao comprimento total da pista. Assim, o resultado do quociente da distância percorrida pelo intervalo de tempo, que corresponde à rapidez média, será um resultado positivo não nulo.

9.4. A velocidade é tangente à trajetória e com o sentido do movimento do corpo em cada instante, logo:



10.

10.1. $v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{13}{0,50} = 26 \text{ m s}^{-1}$

$$v_m = 26 \times 3,6 = 94 \text{ km h}^{-1}$$

10.2. Como nesse intervalo de tempo a velocidade é constante, isso significa que o módulo e a direção da velocidade se mantêm. Como a direção da velocidade é sempre tangente à trajetória e não varia, a trajetória é retilínea.

10.3. São iguais.

11.

11.1. $x_f = 580 - \frac{1}{3} \times 580 = 387 \text{ m}$

$$\Delta x = x_f - x_i \Rightarrow \Delta x = 387 - 0 = 387 \text{ m}$$

11.2. Numa volta completa a componente escalar do deslocamento é nula porque as posições inicial e final coincidem.

$$\mathbf{11.3.} \quad r_m = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{2150 \times 36}{3008} = 25,83 \text{ m s}^{-1}$$

$$r_m = 25,83 \times 3,6 = 92,98 \text{ km h}^{-1}$$

1.4 GRÁFICOS POSIÇÃO-TEMPO

Página 35

12. I – B; II – A; III – D; IV – C

13.

13.1. Não, pois durante 2,0 s o carro telecomandado deslocou-se no sentido positivo da trajetória. Nesse instante parou e quando retomou o movimento, aos 3,0 s, passou a deslocar-se no sentido negativo da trajetória.

13.2. Enquanto a distância total percorrida corresponde à soma do percurso efetuado no sentido positivo e no sentido negativo:

$$d = |\Delta x_1| + |\Delta x_2| + |\Delta x_3| = |21,0 - 6,0| + 0 + |10,0 - 21,0|$$

$$d = 15,0 + 11,0 = 26,0 \text{ m}$$

A componente escalar do deslocamento corresponde à diferença entre a posição final e a posição inicial:

$$\Delta x = x_f - x_i \Rightarrow \Delta x = 10,0 - 6,0 = 4,0 \text{ m}$$

Como há inversão de sentido, embora a trajetória seja retilínea, a distância total percorrida é superior ao deslocamento nesse intervalo de tempo.

13.3. Para que o carrinho não altere a sua posição deve estar parado o que corresponde a uma linha horizontal no gráfico posição-tempo. Assim, a posição não se altera no intervalo [2,0; 3,0] s ou no intervalo [9,0; 10,0] s.

13.4. A componente escalar do deslocamento corresponde à diferença entre a posição final e a posição inicial:

$$\Delta x = x_f - x_i \Rightarrow \Delta x = 2,0 - 6,0 = -4,0 \text{ m}$$

Página 36

14.

14.1. a) [4,0; 6,0] s

b) [0,0; 4,0] s e [10,0; 14,0] s

c) Em qualquer intervalo que inclua uma inversão de sentido, por exemplo, [6,0; 14,0] s

$$\mathbf{14.2.} \quad v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{0,35 - 0,75}{14,0 - 10,0} \Leftrightarrow v_m = -0,10 \text{ m s}^{-1}$$

Note-se que a componente escalar da velocidade média é negativa, porque nesse intervalo de tempo o movimento é efetuado no sentido negativo da trajetória.

14.3. Opção (C).

14.4. A velocidade deve ser tangente à trajetória e na direção do movimento. Neste caso, como a trajetória é retilínea e a tangente a uma reta é a própria reta, a velocidade deve ser horizontal e no sentido negativo. Como entre 10,0 e 14,0 s a posição varia linearmente com o tempo, a intensidade da velocidade coincide com a intensidade da velocidade média, ou seja, é 10 m s^{-1} . $\overleftarrow{v}$

14.5. Aos 2,0 s a componente escalar da velocidade é negativa, pois corresponde ao declive da reta tangente à curva do gráfico posição-tempo nesse instante, que sendo o movimento no sentido negativo da trajetória, também é negativo.

15.**15.1.** a) Nos instantes $t = 2$ s e $t = 10$ s.b) No instante $t = 6$ sc) $[0; 6]$ s**15.2.** A distância total percorrida corresponde à soma do percurso efetuado no sentido positivo e no sentido negativo:

$$d = |\Delta x_1| + |\Delta x_2| = |1,6 - (-2)| + |-2 - 1,6|$$

$$d = 3,6 + 3,6 = 7,2 \text{ m}$$

A componente escalar do deslocamento é nula porque as posições inicial e final coincidem: $\Delta x = 0$ m.**15.3.** Dos $[6; 12]$ s, porque, nesse intervalo de tempo, o declive da reta tangente ao gráfico vai aumentando com o decorrer do tempo.**16.****16.1.** Opção (B).**Página 37****16.2.** Como a trajetória é retilínea e não há inversão de sentido, a distância percorrida coincide com a componente escalar do deslocamento e é de 120 km.

$$\mathbf{16.3.} \quad v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{120 - 100}{3,0 - 1,8} = 1,7 \times 10^1 \text{ km h}^{-1}$$

$$v_m = \frac{1,7 \times 10^1}{3,6} = 4,7 \text{ m s}^{-1}$$

17. Opção (C)**1.5 GRÁFICOS VELOCIDADE-TEMPO****18.****18.1.** Antes de atingir a velocidade terminal, como o módulo da velocidade aumenta, o movimento é acelerado; depois de atingir a velocidade terminal, como o módulo da velocidade é constante, é uniforme.**18.2.** Opção (D).

$$\mathbf{18.3.} \quad v = v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{-1,0 \times 10^3}{2,10 \times 60} = -7,9 \text{ m s}^{-1}$$

Note-se que a componente escalar do deslocamento e da velocidade média são negativas porque o movimento é efetuado no sentido negativo da trajetória.

Página 38**18.4.** Opção (C).**18.5.** Considerando o solo como a origem do referencial, a altura de queda da gota de chuva será igual à distância percorrida pela mesma. Num gráfico velocidade-tempo, a distância percorrida é numericamente igual à área entre a curva do gráfico e o eixo Ox.**19.****19.1.** Uma vez que a pessoa mantém a sua posição ao longo do movimento, pode dizer-se que o deslocamento é nulo, mas a distância percorrida corresponde a 1400 m. O mesmo aconteceria se se colocasse um automóvel em movimento em cima de um elevador de reparações: o valor registado no odómetro que mede a distância percorrida aumentaria mas o automóvel nunca sairia da sua posição.

$$19.2. \quad r_m = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{600 - 200}{4,0 \times 60 - 0,0} \Leftrightarrow r_m = 1,7 \text{ m s}^{-1}$$

19.3. Como o declive da reta tangente à curva do gráfico vai aumentando com o decorrer do tempo, o movimento realizado pela pessoa nesse intervalo de tempo é acelerado.

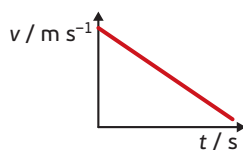
19.4. Como a trajetória é retilínea não há mudança de direção e, atendendo a que nesse intervalo de tempo o declive da reta tangente é constante, mantém-se o módulo da velocidade e o movimento é uniforme. Assim, como a velocidade é constante, será igual à velocidade média nesse intervalo de tempo.

Página 39

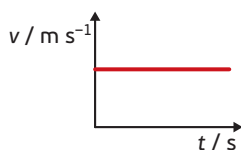
20.

20.1. I – B; II – C; III – A.

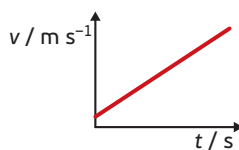
20.2.



I



II



III

21.

21.1. A afirmação não está correta. A velocidade de um corpo apresenta o sentido do deslocamento da partícula. Assim, como o valor da velocidade é negativo até aos 25,0 s e daí para a frente positivo, a partícula inverteu o sentido do movimento uma única vez, aos 25,0 s.

21.2. Opção (D).

21.3. $d = A$

$$A_1 = \frac{b + B}{2} h = \frac{5,0 + 25,0}{2} \times 20,0 = 3,0 \times 10^2$$

$$A_2 = \frac{b + B}{2} h = \frac{5,0 + 25,0}{2} \times 20,0 = 3,0 \times 10^2$$

$$d = 3,0 \times 10^2 + 3,0 \times 10^2 = 6,0 \times 10^2 \text{ m}$$

21.4. Como a área acima do eixo Ox é igual à área abaixo do eixo Ox, significa que a partícula se desloca o mesmo no sentido positivo e no sentido negativo da trajetória, pelo que a posição inicial da partícula coincide com a posição final e a componente escalar do deslocamento é nula.

Página 40

22.

22.1. A viatura ficou parada em frente ao sensor durante 1,6 s. Ao fim desse tempo passou a deslocar-se no sentido positivo da trajetória, uma vez que a componente escalar da velocidade é positiva, e com movimento acelerado, uma vez que o módulo da velocidade aumenta.

22.2. Como o movimento é todo efetuado em frente ao sensor e no mesmo sentido: $d = \Delta x$, correspondendo ao valor da área compreendida entre o eixo Ox e a curva do gráfico.

$$A = \frac{b h}{2} \Rightarrow A = \frac{(5,0 - 1,60) \times 0,70}{2} \Leftrightarrow A = 1,2$$

$$\Delta x = 1,2 \text{ m}$$

22.3. Opção (A).

23.

23.1. O veículo A apresenta movimento retilíneo uniforme, no sentido positivo da trajetória. O veículo B desloca-se, no sentido positivo da trajetória, com movimento retilíneo acelerado até aos 6 s e uniforme a partir desse instante.

23.2. Como a distância percorrida por cada veículo corresponde ao valor da área compreendida entre o eixo Ox e a curva do gráfico respetivo, então:

$$d_A = b \cdot h = 24 \times 30 = 7,2 \times 10^2 \text{ m}$$

$$d_B = \frac{b + B}{2} h = \frac{18 + 24}{2} \times 40 = 8,4 \times 10^2 \text{ m}$$

Como o veículo B acabou por percorrer uma distância superior nos 24 s de movimento, conseguiu alcançar A. Aliás, como a distância percorrida pelos dois veículos é igual ao fim de 12 s, esse é o instante em que o veículo A é alcançado.

$$d_A = b \cdot h = 12 \times 30 = 3,6 \times 10^2 \text{ m}$$

$$d_B = \frac{b + B}{2} h = \frac{6 + 12}{2} \times 40 = 3,6 \times 10^2 \text{ m}$$

SUBDOMÍNIO

2

INTERAÇÕES E SEUS EFEITOS

2.1 INTERAÇÕES FUNDAMENTAIS DA NATUREZA

Página 70

1.

1.1. Opção (C).

1.2. A ação do pé sobre a bola, como resultado da interação entre os corpos, faz com que a bola passe do estado de repouso para movimento ou que se alterem as características do movimento da bola. Quando a raquete interatua com a bola altera-lhe a sua velocidade, em direção, sentido e/ou módulo.

1.3. A força que a Terra exerce na maçã resulta de uma interação gravítica enquanto a força que o ímã exerce sobre os pregos resulta de uma interação eletromagnética, sendo esta interação mais intensa do que a primeira.

2.

2.1. A formação de um campo magnético quando o fio de um eletroímã é percorrido por uma corrente elétrica é uma manifestação de uma interação eletromagnética; a atração de um qualquer objeto para a superfície da Terra é uma manifestação de uma interação gravítica; a emissão de um eletrão quando um próton é convertido num neutrão é uma manifestação de uma interação nuclear fraca; a coesão dos prótons num núcleo atômico é uma manifestação de uma interação nuclear forte.

2.2. Opção (D).

2.3. Opção (B).

Página 71

3.

3.1. $\vec{F}_1$ e $\vec{F}_2$ são a força normal e a força de atrito, respetivamente, que resultam da interação entre o caixote e a superfície, logo, são aplicadas pela superfície do chão onde o caixote se encontra apoiado; $\vec{F}_3$ é a força gravítica que resulta da interação entre o caixote e a Terra, logo, é aplicada pela Terra e $\vec{F}_4$ é a força exercida pela pessoa como resultado da sua interação com o caixote.

3.2. $\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$

$\vec{F}_1$ e $\vec{F}_3$ anulam-se uma vez que têm a mesma direção e intensidade, mas sentidos opostos.

Como $\vec{F}_4$ e $\vec{F}_2$ têm a mesma direção e sentidos opostos:

$$F_R = F_4 - F_2 = 15 - 10 = 5 \text{ N}$$

$\vec{F}_R = 5 \vec{i}$ (N) — Direção horizontal (eixo Ox), sentido positivo, aplicada no centro de massa, intensidade de 5 N.

2.2 INTERAÇÃO GRAVÍTICA E TERCEIRA LEI DE NEWTON

4.

$$4.1. \quad F_{g,T} = G \frac{m_1 m_2}{d^2} \Rightarrow F_{g,T} = G \frac{m_a m_T}{(r_T)^2}$$

$$F_{g,L} = G \frac{m_1 m_2}{d^2} \Rightarrow F_{g,L} = G \frac{m_a m_L}{(r_L)^2}$$

$$\frac{F_{g,T}}{F_{g,L}} = \frac{G \frac{m_a m_T}{(r_T)^2}}{G \frac{m_a m_L}{(r_L)^2}} = \frac{5,98 \times 10^{24}}{(6,37 \times 10^6)^2} \times \frac{(1,74 \times 10^6)^2}{7,35 \times 10^{22}} = 6,07$$

A força gravítica exercida na Terra sobre o astronauta é cerca de 6 vezes superior à exercida na Lua.

$$4.2. \quad F_{g,T/L} = G \frac{m_1 m_2}{d^2} \Rightarrow F_{g,T/L} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{5,98 \times 10^{24} \times 7,35 \times 10^{22}}{(3,84 \times 10^8)^2} = 1,99 \times 10^{20} \text{ N}$$

4.3. Opção (D).

5.

5.1. Opção (A).

$$F_{g,\text{órbita}} = G \frac{m_1 m_2}{d^2} \Rightarrow F_{g,\text{órbita}} = G \frac{m_T m_s}{(r_T + h)^2}$$

$$F_{g,\text{superfície}} = G \frac{m_1 m_2}{d^2} \Rightarrow F_{g,\text{superfície}} = G \frac{m_T m_s}{(r_T)^2}$$

$$\frac{F_{g,\text{órbita}}}{F_{g,\text{superfície}}} = \frac{G \frac{m_T m_s}{(r_T + h)^2}}{G \frac{m_T m_s}{(r_T)^2}} = \frac{(r_T)^2}{(r_T + h)^2} = \frac{(6,37 \times 10^6)^2}{(6,37 \times 10^6 + 598 \times 10^3)^2} = 0,836$$

Página 72

5.2. Opção (B).

5.3. Opção (A).

5.4. Opção (C).

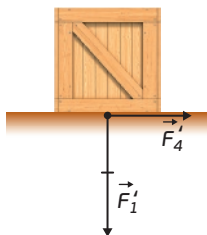
$$\frac{F_{g,S}}{F_{g,H}} = \frac{G \frac{m_T m_S}{(r_S)^2}}{G \frac{m_T m_H}{(r_H)^2}} = \frac{\frac{1}{2} m_H}{(3 r_H)^2} = \frac{1}{3^2 \times 2}$$

6.

6.1. São a pessoa e o caixote.

6.2. O peso é a força de atração gravítica exercida pelo planeta onde o corpo se encontra. Como essa força resulta da interação entre o corpo e a Terra, o seu par deve estar aplicado na Terra.

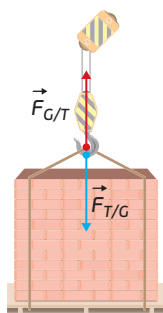
- 6.3. As duas forças devem ser aplicadas na superfície de contacto com o caixote, no sentido oposto e com a mesma intensidade:



7.

- 7.1. As forças aplicadas no conjunto de tijolos são a força gravítica e a força aplicada pelo guindaste.

7.2.



- 7.3. De acordo com a Terceira Lei de Newton, as forças que constituem um par têm a mesma direção, a mesma intensidade, sentidos opostos e encontram-se aplicadas em corpos diferentes, nos corpos que interatuam entre si, e, por isso, nunca se anulam.
- 7.4. Um corpo em queda livre é um corpo que cai apenas sujeito à ação da força gravítica. Os corpos em queda livre são designados por graves.

2.3 EFEITO DAS FORÇAS SOBRE A VELOCIDADE

Página 73

8. Como a trajetória é circular a velocidade muda de direção, logo, deve existir a componente da força resultante aplicada no satélite na direção perpendicular à velocidade. Como o módulo da velocidade se mantém constante a componente da força resultante na direção da velocidade deve ser nula.
- 9.
- 9.1. Opção (D).
- 9.2. O movimento é acelerado, uma vez que a cada intervalo de tempo consecutivo corresponde um maior deslocamento, o que indica que a força resultante e a velocidade devem ter o mesmo sentido.
- 9.3. O módulo da velocidade não varia, mas varia a sua direção. Assim a força resultante não será nula, terá uma componente normal à direção da velocidade responsável pela alteração dessa direção.
- 10.
- 10.1. Opção (C).
- 10.2. Ao longo do movimento, a força gravítica apresenta uma componente segundo a direção da velocidade. Essa componente tem sentido oposto à velocidade durante a subida e o mesmo sentido da velocidade na descida o que provoca uma diminuição e um aumento do módulo da velocidade, respetivamente. A força gravítica também apresenta uma componente segundo a perpendicular à direção da velocidade responsável pela mudança de direção da bola.

2.4 ACELERAÇÃO

Página 74

11.

11.1. Opção (A).

11.2. a) No intervalo [0,0; 5,0] s a componente escalar da aceleração é positiva, uma vez que o declive do gráfico é positivo. Assim, o movimento é acelerado, uma vez que o valor da componente escalar da velocidade é positivo e o da aceleração também. Além disso, verifica-se que o módulo da velocidade aumenta linearmente com o tempo o que justifica que o movimento seja uniformemente acelerado.

b) No intervalo [13,0; 15,0] s a aceleração tem componente escalar negativa, uma vez que o declive do gráfico é negativo. Como a componente escalar da velocidade também é negativa, o movimento é uniformemente acelerado.

c) No intervalo [20,0; 25,0] s a aceleração é nula, uma vez que o declive do gráfico é nulo. Assim, o movimento é uniforme, uma vez que componente escalar da velocidade é constante e a aceleração é nula.

$$11.3. \quad a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a_m = \frac{v_{15,0s} - v_{10,0s}}{15,0 - 10,0} = \frac{-10,0 - 5,0}{15,0 - 10,0} = -3,0 \text{ m s}^{-2}$$

11.4. Como no intervalo de tempo [0,0; 5,0] s a aceleração é constante, a componente escalar da aceleração aos 3 s é igual à aceleração média nesse intervalo de tempo.

$$a = a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a_m = \frac{v_{5,0s} - v_{0,0s}}{5,0 - 0,0} = \frac{5,0 - 0,0}{5,0 - 0,0} = 1,0 \text{ m s}^{-2}$$

12.

$$12.1. \quad a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Intervalo de tempo / s	[0,00; 1,27]	[1,27; 3,31]	[3,31; 5,47]	[5,47; 7,98]	[7,98; 10,76]	[10,76; 13,87]
Aceleração / m s ⁻²	4,37	2,72	2,57	2,21	2,00	1,79

A afirmação é falsa, uma vez que a componente escalar da aceleração média é diferente em cada intervalo de tempo registado (enquanto a velocidade aumenta sempre na mesma proporção o intervalo de tempo aumenta cada vez mais). Assim, a aceleração média não irá corresponder à aceleração, pois tal só se verifica quando o movimento é uniformemente variado, ou seja, quando a componente escalar da aceleração é constante.

12.2. Opção (D).

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a_m = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i} = \frac{33,3 - 0,0}{13,87 - 0,00} = 2,40 \text{ m s}^{-2}$$

12.3. Não porque a aceleração só tem a mesma direção da velocidade quando a trajetória é retilínea e não se dispõe de informação sobre o tipo de trajetória descrita pelo carro.

Página 75

13.

13.1. A aceleração indica o modo como varia instantaneamente a velocidade, neste caso indica que o módulo da velocidade diminui 4,0 m s⁻¹ em cada segundo.

13.2. Durante a subida na calha o movimento é retilíneo uniformemente retardado, na descida da calha é retilíneo uniformemente acelerado, entre A e B é retilíneo uniforme e entre BCB é circular uniforme.

13.3. Opção (C).

13.4. A aceleração entre A e B é nula porque a trajetória é retilínea, logo a velocidade não varia em direção, e o módulo da velocidade mantém-se constante.

13.5. Opção (B).

- 13.6.** A afirmação é falsa, uma vez que numa trajetória retilínea o movimento pode não ter aceleração, o que acontece entre A e B porque o módulo da velocidade é constante, mas numa trajetória curvilínea tem sempre aceleração. Entre B, C e B, como a trajetória é circular e o módulo da velocidade é constante, no entanto existe aceleração numa direção perpendicular à velocidade em cada instante.

14.

- 14.1.** O módulo da velocidade do corpo aumenta durante a queda, uma vez que a força gravítica e a velocidade têm a mesma direção e o mesmo sentido.

Página 76

14.2. $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a = \frac{-15,0 - 0}{1,53} = -9,80 \text{ m s}^{-2}$

Essa aceleração é designada por aceleração gravítica.

- 14.3.** Opção (B).

2.5 SEGUNDA LEI DE NEWTON

15.

- 15.1.** Como os blocos adquirem o mesmo módulo de velocidade no mesmo intervalo de tempo, descem o plano inclinado sujeitos à mesma componente escalar da aceleração. De acordo com a Segunda Lei de Newton, para a mesma aceleração, a força aplicada e a massa de um corpo são diretamente proporcionais. Sendo a massa do bloco A é o dobro da massa do bloco B é, então, possível concluir que a intensidade da resultante das forças aplicadas no bloco A é o dobro da intensidade da resultante das forças aplicadas no bloco B.

15.2.

15.2.1. $m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\Delta F}{\Delta a} \Rightarrow m = \frac{40 - 0}{10 - 0} = 4,0$

O declive do gráfico corresponde à massa do bloco, uma vez que $F_R = m a$. Assim, é possível concluir que a massa do bloco é 4,0 kg.

- 15.2.2.** Uma vez que a massa do bloco B é metade da massa do bloco A, o declive do gráfico deverá ser metade da do gráfico do bloco A, logo a linha que corresponderá ao gráfico força-aceleração será a linha 1.

- 15.3.** Durante o movimento de subida no plano inclinado a força resultante e a aceleração teriam a mesma direção que a velocidade, mas sentido oposto à velocidade, logo o movimento seria uniformemente retardado.

Página 77

16.

16.1. $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a = \frac{24,7 - 12,5}{6,65} = 1,83 \text{ m s}^{-2}$

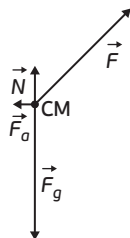
- 16.2.** Opção (C).

16.3. $F_R = m a \Rightarrow F_R = 1,83 \times 68 = 1,2 \times 10^2 \text{ N}$

16.4. $\Delta E_m = 0 \Leftrightarrow E_{m,i} = E_{m,f} \Rightarrow E_{c,i} + E_{pg,i} = E_{c,f} + E_{pg,f} \Leftrightarrow \frac{1}{2} m v_i^2 + m g h = \frac{1}{2} m v_f^2 \Leftrightarrow \frac{1}{2} \times 12,5^2 + 10 h = \frac{1}{2} \times 24,7^2 \Leftrightarrow h = 22,7 \text{ m}$

17.

17.1.



17.2. Opção (A).

$$F_x = F \cos(45^\circ) \Rightarrow F_x = 200 \times \cos(45^\circ) \text{ (N)}$$

$$F_a = 0,050 \times F_g \Rightarrow F_a = 0,050 \, m \, g \text{ (N)}$$

$$\vec{F}_R = \vec{N} + \vec{F}_g + \vec{F} + \vec{F}_a$$

Uma vez que o movimento se dá na direção horizontal, considerando o sentido do movimento como positivo e decompondo a força $\vec{F}$ nas suas componentes horizontal e vertical:

$$\vec{F}_R = \overbrace{\vec{N} + \vec{F}_g + \vec{F}_y}^{\vec{0}} + \vec{F}_x + \vec{F}_a \Rightarrow F_R = F_x - F_a$$

$$F_R = 200 \times \cos(45^\circ) - 0,050 \, m \, g$$

$$17.3. \quad F_R = m \, a \Rightarrow 200 \cos(45^\circ) - 0,050 \times 20 \times 10 = 20 \, a \Leftrightarrow a = \frac{1,3 \times 10^2}{20} = 6,6 \, \text{m s}^{-2}$$

$$17.4. \quad a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow 6,6 = \frac{32,5 - 0}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = 4,9 \, \text{s}$$

18. • Determinação da energia cinética com que o corpo atinge o final do plano inclinado:

$\Delta E_m = 0$, uma vez que as forças não conservativas são desprezáveis.

$$\Delta E_c = -\Delta E_{pg} \Rightarrow E_{c,f} = m \, g \, h = 30,0 \times 10 \times 2,30 = 6,90 \times 10^2 \, \text{J}$$

• Determinação do trabalho realizado pela força de atrito (força resultante) ao longo da calha horizontal

$$W_{F_a} = \Delta E_c \Rightarrow W_{F_a} = E_{c,f} - E_{c,i} = -6,90 \times 10^2 \, \text{J}$$

• Determinação da intensidade da força de atrito:

$$W_{F_a} = F_a \, \Delta r \cos(\alpha) \Rightarrow -6,90 \times 10^2 = F_a \times 13,7 \cos(180^\circ) \Leftrightarrow F_a = 50,4 \, \text{N}$$

• Determinação da aceleração:

$$F_R = m \, a \Rightarrow 50,4 = 30,0 \, a \Leftrightarrow a = 1,68 \, \text{m s}^{-2}$$

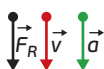
19.**19.1.** Opção (B).

$$19.2. \quad F_R = m \, a$$

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

$$F_R = F_g \Rightarrow m \, a = G \frac{m_L m}{d^2} \Leftrightarrow a = G \frac{m_L}{d^2} \Leftrightarrow a = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{7,35 \times 10^{22}}{(1,74 \times 10^6)^2} = 1,62 \, \text{m s}^{-2}$$

$$g = 1,62 \, \text{m s}^{-2}$$

19.3.**Página 78**

$$19.4. \quad W_{F_g} = -\Delta E_{pg} \Rightarrow W_{F_g} = -(m \, g \, h_f - m \, g \, h_i) = -(1,32 \times 1,62 \times 0 - 1,32 \times 1,62 \times 1,60) = 3,42 \, \text{J}$$

19.5. Opção (C).

2.6 PRIMEIRA LEI DE NEWTON

20. Quando o autocarro trava, a força de travagem é aplicada no veículo. Tudo que está no seu interior, nomeadamente os passageiros, tendem a manter a velocidade inicial do movimento. Assim, o passageiro é projetado para a frente uma vez que mantém a sua velocidade inicial, enquanto o autocarro reduziu a sua velocidade.
- 21.
- 21.1. As forças responsáveis pela redução do módulo da velocidade do bloco são as forças dissipativas como a força de atrito.
- 21.2. Se a força de atrito for nula, $\vec{F}_R = \vec{0}$, de acordo com a Primeira Lei de Newton, o movimento do bloco é retilíneo uniforme.
- 21.3. Primeira Lei de Newton: se a força resultante que atua sobre um corpo é nula, o corpo mantém o seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme.
22. A inércia é a resistência que um corpo oferece à alteração do seu estado de movimento ou de repouso. A massa é uma medida da inércia, quanto maior for a massa de um corpo maior é a inércia desse corpo. Assim, quanto maior a compressão da mola maior a resistência do corpo à alteração do seu estado de movimento, logo maior inércia e maior a massa do corpo. Assim, é possível concluir que $m_B < m_C < m_A$.

Página 79

- 23.
- 23.1. O movimento dá-se com velocidade de módulo constante, mas nada indica sobre a direção da velocidade. Movimentos não retilíneos implicam a existência de uma força com componente na direção normal à velocidade, logo é falso afirmar que o movimento é retilíneo e a força resultante nula.
- 23.2. Se a trajetória é retilínea e o módulo da velocidade é constante, então a velocidade não varia e, consequentemente, a aceleração deve ser nula. De acordo com a Segunda Lei de Newton, se a aceleração é nula a força resultante aplicada num corpo também deverá ser nula, pelo que:

$$\vec{F}_R = \overbrace{\vec{F}_g + \vec{N} + \vec{F}_m + \vec{F}_a}^{= 0} \Rightarrow 0 = F_m - F_a \Leftrightarrow F_m = -F_a$$

ATIVIDADES LABORATORIAIS

AL 1.1 Queda livre: força gravítica e aceleração da gravidade

- 24.
- 24.1. As células fotoelétricas têm um feixe luminoso que quando interrompido ou desimpedido funciona como um interruptor, iniciando ou parando a contagem do marcador de tempo. Os alunos terão determinado o intervalo de tempo de passagem da esfera na primeira célula, o intervalo de tempo de passagem da esfera na segunda célula e o intervalo de tempo que a esfera demorou a percorrer a distância entre as células.
- 24.2. Os alunos terão determinado o diâmetro de cada uma das esferas.
- 24.3. Se a velocidade se mantiver constante num dado intervalo de tempo, o seu valor é igual à velocidade média nesse intervalo de tempo, sendo correto o uso da expressão. No entanto, o movimento da esfera é uniformemente acelerado. Nesse caso, como a componente escalar da velocidade varia de forma linear, a velocidade média é igual à velocidade instantânea no instante intermédio de um dado intervalo de tempo, pelo que a expressão permite determinar o módulo da velocidade para um instante intermédio de passagem do cubo pelo sensor. Além disso, como o intervalo de tempo de passagem no sensor é muito pequeno, pode ainda considerar-se que a velocidade do corpo se mantém praticamente constante enquanto atravessa a célula sendo, assim, possível calcular a componente escalar dessa velocidade com uma expressão relativa a um movimento retilíneo uniforme.
- 24.4. a) Módulo da velocidade na primeira célula

$$\overline{\Delta t_1} = \frac{0,1269 + 0,1261 + 0,1240}{3} = 0,1257 \text{ s}$$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{4,567 \times 10^{-2}}{0,1257} = 0,363 \text{ m s}^{-1}$$

Módulo da velocidade na segunda célula

$$\overline{\Delta t_2} = \frac{0,0177 + 0,0174 + 0,0178}{3} = 0,0176 \text{ s}$$

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{4,567 \times 10^{-2}}{0,0176} = 2,59 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{b) } \overline{\Delta t} = \frac{0,2307 + 0,2309 + 0,2305}{3} = 0,2307 \text{ s}$$

$$g = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{\Delta t} \Rightarrow g = \frac{2,59 - 0,363}{0,2307} = 9,65 \text{ m s}^{-2}$$

$$\text{c) } e_r = \frac{|g_{\text{experimental}} - g_{\text{referencia}}|}{g_{\text{referencia}}} = \frac{|9,65 - 9,8|}{9,8} = 0,015$$

24.5. Opção (D).

AL 1.2 Forças nos movimentos retilíneos acelerado e uniforme

Página 80

25.

25.1. O objetivo da experiência é analisar o movimento de um corpo sujeito a uma resultante de forças não nula e nula. Assim, é fundamental que as forças de atrito sejam reduzidas ao máximo de forma que o seu efeito sobre o movimento seja desprezável e em algum momento a força resultante seja nula.

25.2. Enquanto a massa se encontra suspensa exerce uma força sobre o fio, que, por sua vez, exerce uma força sobre o carro. Assim, enquanto a massa se encontra suspensa pode estudar-se o movimento sob ação de uma resultante de forças não nula. No entanto, para efetuar o estudo do movimento sob ação de uma resultante de forças nulas a força exercida pelo fio sobre o carrinho deve deixar de existir, sendo fundamental que a massa suspensa chegue ao solo antes do carrinho atingir o final da superfície horizontal, o que é assegurado garantindo que a altura da massa suspensa é inferior à distância entre o carrinho e a roldana.

25.3. Antes do choque: Após o choque:



25.4. Opção (B).

Enquanto a massa suspensa cai, a força resultante que atua no conjunto é igual à força gravítica da massa suspensa, logo:

$$F_R = F_g \Leftrightarrow (m_c + m_p) a = m_p g \Leftrightarrow a = \frac{m_p g}{m_c + m_p}$$

25.5.1. De [0,0; 1,8] s trata-se de movimento retilíneo uniformemente acelerado e de [1,8; 3,0] s é movimento retilíneo uniforme.

25.5.2. A análise do gráfico permite confirmar que o atrito foi efetivamente reduzido uma vez que a componente escalar da velocidade do carrinho se mantém praticamente constante depois da massa suspensa atingir o solo.

25.5.3. Galileu afirmava que um corpo em movimento sob a ação de uma força resultante nula deveria manter um movimento retilíneo uniforme. Uma vez que se reduziu a força de atrito de modo a não ter efeito significativo sobre o movimento, quando a massa suspensa chega ao solo a força resultante que atua sobre o carro passa a ser nula, uma vez que a força gravítica e a reação normal anulam-se. Assim, os alunos terão concluído que esta atividade experimental permitiu confirmar a teoria de Galileu, tendo-se verificado que após a massa suspensa ter atingido o solo o carro adquiriu um movimento retilíneo uniforme.

SUBDOMÍNIO

3

FORÇAS E MOVIMENTOS

3.1 QUEDA E LANÇAMENTO NA VERTICAL COM EFEITO DE RESISTÊNCIA DO AR DESPREZÁVEL

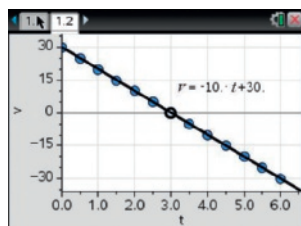
Página 111

1.

1.1. A bola atinge a altura máxima, quando $v = 0,0 \text{ m s}^{-1}$, o que acontece no instante $t = 3,0 \text{ s}$.

1.2. A bola possui movimento retilíneo uniformemente retardado na subida e movimento retilíneo uniformemente acelerado na descida.

1.3.



$$v = 30,0 - 10 t \text{ (SI)}$$

Num gráfico velocidade tempo, o declive da reta que melhor se ajusta ao conjunto de pontos experimentais corresponde à componente escalar da aceleração, logo $a = -10 \text{ m s}^{-2}$.

1.4. Como o módulo da aceleração é aproximadamente igual ao módulo da aceleração gravítica, pode concluir-se que o corpo está sujeito apenas à ação da força gravítica durante todo o movimento, podendo considerar-se um grave.

1.5. a) Opção (D)

b) Opção (A)

Página 112

2.

2.1. $y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \Rightarrow y = -0,50 - 5 t^2 \text{ (SI)}$

$$v = v_0 + a t \Rightarrow v = -10 t \text{ (SI)}$$

2.2. A esfera encontra-se em queda até chegar ao solo, o que corresponde à posição $-4,5 \text{ m}$. O instante em que tal ocorre pode ser determinado a partir da equação das posições:

$$-4,50 = -0,50 - 5 t^2 \Rightarrow t = 0,89 \text{ s}$$

2.3. Opção (C)

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \Rightarrow y - y_0 = \frac{1}{2} g t^2 \Rightarrow h = \frac{1}{2} g t_{\text{queda}}^2 \Leftrightarrow t_{\text{queda}} = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

Substituindo o tempo de queda na equação das velocidades, $v(t)$, obtém-se:

$$v = v_0 + a t \Rightarrow v = g \sqrt{\frac{2h}{g}} \Leftrightarrow v = \sqrt{2gh}$$

2.4. Opção (C)

2.5. Opção (C)

3.

3.1. Opção (B)

3.2. Opção (C)

$$v = v_0 - g t \iff 0 = v_0 - g t \iff t = \frac{v_0}{g}$$

$$\frac{t_A}{t_B} = \frac{\frac{v_A}{g}}{\frac{v_B}{g}} \iff \frac{t_A}{t_B} = \frac{v_A}{v_B} \iff \frac{t_A}{t_B} = \frac{v_A}{2 v_A} \iff \frac{t_A}{t_B} = \frac{1}{2}$$

Página 113**3.3. Opção (D)**

Quando o objeto passa o topo do prédio durante a queda adquire o mesmo módulo da velocidade que tinha nessa posição na subida mas sentido contrário, logo $v = -15 \text{ m s}^{-1}$.

Quando a bola atinge o solo $y = 0 \text{ m}$, logo:

$$y = 12 + 15 t - 5 t^2 \iff 0 = 12 + 15 t - 5 t^2 \iff t = 3,7 \text{ s}$$

Nesse instante:

$$v = 15 - 10 t \iff v = 15 - 10 \times 3,7 \iff v = -22 \text{ m s}^{-1}$$

3.4. Opção (C)**4.**

$$4.1. \quad y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \implies 0 = y_0 - 5 \times 2,0^2 \iff y_0 = 20 \text{ m}$$

$$v = v_0 + a t \implies v = -10 t \iff v = -10 \times 2,0 \iff v = -20 \text{ m s}^{-1}$$

4.2. Opção (D)

$$4.3. \quad y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \implies 0 = y_0 - 5 t^2 \iff 0 = y_0 - 5 \times 1,6^2 \iff y_0 = 13 \text{ m}$$

5.

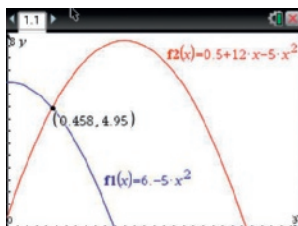
5.1. O Filipe largou as chaves de uma janela com 6,0 m de altura e o João lançou a chaves com uma velocidade de $12,0 \text{ m s}^{-1}$.

5.2. Procedimento para calculadora gráfica **TI-Nspire CX**:

– Abrir um novo documento, selecionando a opção **1: Novo** no ecrã inicial da calculadora. Adicionar uma página de Gráficos.

– Ao surgir a linha de entrada $f1(x)$, introduzir a expressão $6,0 - 5 x^2$ e, clicando em **tab**, adicionar uma nova linha de entrada $f2(x)$, onde se deverá introduzir a expressão $0,5 + 12,0 x - 5 x^2$.

– Ajustar a janela, selecionando **menu, 4: Janela, 1: Definições da janela** e introduzir os valores: $x_{\min}$: 0; $x_{\max}$: 3; Escala x: Automático; $y_{\min}$: 0; $y_{\max}$: 8; Escala y: Automático.



– Para determinar o ponto de interseção fazer **menu, 6: Analisar gráfico, 4: Interseção**.

– Selecionar uma região à esquerda do ponto de interseção para limite inferior e uma região à direita do ponto de interseção para limite superior.

O ponto obtido possui as coordenadas (0,458; 4,95), logo as chaves cruzam-se, aproximadamente, na posição 5,0 m e no instante 0,5 s.

Página 114

5.3.

5.3.1. A aceleração tem direção vertical, sentido negativo, ou seja, aponta para o centro da Terra, módulo 10 m s^{-2} e o ponto de aplicação no centro de massa das chaves.

5.3.2. O Filipe apanha as chaves à altura da janela, logo:

$$y_{\text{João}} = 0,5 + 12,0 t - 5 t^2 \implies 6,0 = 0,5 + 12,0 t - 5 t^2 \iff t = 0,6 \text{ s} \vee t = 1,8 \text{ s}$$

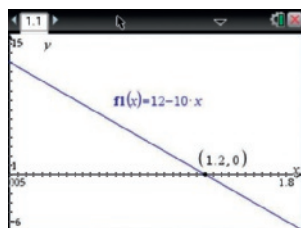
Mas, como só as conseguiu apanhar no movimento de descida, as chaves ficaram no ar 1,8 s.

5.3.3. Procedimento para calculadora gráfica **TI-Nspire CX**:

— Abrir um novo documento, selecionando a opção **1: Novo** no ecrã inicial da calculadora. Adicionar uma página de Gráficos.

— Ao surgir a linha de entrada $f1(x)$, introduzir a expressão $12,0 - 10 x$.

— Ajustar a janela, selecionando **menu, 4: Janela, 1: Definições da janela** e introduzir os valores: $x_{\min}$: 0; $x_{\max}$: 1,8; Escala x: Automático; $y_{\min}$: -6; $y_{\max}$: 15; Escala y: Automático.



— Para determinar o ponto mais alto da trajetória, onde a velocidade se anula, é necessário descobrir o zero da função, para isso, fazer **menu, 6: Analisar gráfico, 1: Zero**.

— Selecionar uma região à esquerda do zero para limite inferior e uma região à direita do zero para limite superior. O ponto obtido possui as coordenadas (1,2; 0), logo as chaves atingem o ponto mais alto da sua trajetória aos 1,2 s.

3.2 QUEDA NA VERTICAL COM EFEITO DE RESISTÊNCIA DO AR APRECIÁVEL

6.

6.1. No movimento de queda da forma de papel a resistência do ar é significativa porque o corpo apresenta uma grande superfície e não tem uma forma compacta ou aerodinâmica. Graficamente verifica-se que a variação das posições passa a variar linearmente com o tempo a partir de um determinado momento o que não aconteceria num movimento de queda livre.

6.2. Opção (B)

6.3. Opção (A)

6.4. Designa-se velocidade terminal e pode ser obtida através da expressão $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \implies v = \frac{2,5 - 1,0}{1,00 - 0,40} \iff v = 2,5 \text{ m s}^{-1}$$

6.5. $y = 1,0 + 2,5 t \text{ (SI)}$

Página 115

7.

7.1. No intervalo de tempo $[0,00; 0,40]$ s o módulo da velocidade aumenta mas aumenta cada vez menos, ou seja, não aumenta linearmente com o tempo — o movimento é acelerado, mas não uniformemente acelerado.

A partir dos 0,40 s a queda dá-se com velocidade de módulo praticamente constante adquirindo movimento retilíneo uniforme.

7.2. Como não é possível desprezar o efeito da resistência do ar, o pedaço de papel está sujeito à ação de duas forças, a força gravítica e a resistência do ar, pelo que não pode ser considerado um grave.

7.3. Opção (D)

7.4. Opção (A)

8.

8.1. Opção (D)

8.2. A afirmação é falsa. Ao longo de todo o movimento de queda, a gota de água está sujeita à ação de duas forças: a força gravítica e a resistência do ar. Em determinado instante a intensidade da resistência do ar torna-se igual à intensidade da força gravítica. Nesse instante, as duas forças têm a mesma direção, a mesma intensidade mas sentidos opostos, pelo que a força resultante é nula, atinge a velocidade terminal, e passa a deslocar-se com movimento retilíneo uniforme.

8.3. A gota de água atinge o solo quando a posição for nula, o que corresponde ao zero da função $y = f(t)$:

$$y = y_0 + v t \implies y = 10 - 7,1 t \iff 0 = 10 - 7,1 t \iff t = 1,4 \text{ s}$$

8.4. $F_r = 0 \text{ N}$

$$R_{\text{ar, máx.}} = F_g \iff R_{\text{ar, máx.}} = m g = 1,4 \times 10^{-5} \times 10 = 1,4 \times 10^{-4} \text{ N}$$

Página 116

9.

9.1. De $[15,0; 21,0]$ s o módulo da velocidade diminui rapidamente. Neste intervalo de tempo o paraquedista abre o paraquedas, o que resulta num aumento drástico da intensidade da resistência do ar. A força resultante tem agora sentido oposto ao do movimento, assim como a aceleração, e o movimento diz-se retardado. À medida que o módulo da velocidade diminui também a intensidade da resistência do ar diminui pelo que, a intensidade da força resultante que se opõe ao movimento e o módulo da aceleração adquirida são cada vez menores.

9.2. No intervalo de tempo $[0,0; 11,0]$ s e como o módulo da velocidade aumenta mas não linearmente com o tempo, o movimento diz-se retilíneo acelerado.

9.3. Opção (B)

9.4. $v_{\text{terminal}, 1} = 50,0 \text{ m s}^{-1}$ e $v_{\text{terminal}, 2} = 8,0 \text{ m s}^{-1}$

9.5. Opção (A)

9.6. (A)  (B) $\vec{F}_R = \vec{0}$ e $\vec{a} = \vec{0}$ (C) 

3.3 PLANOS HORIZONTAIS E PLANOS INCLINADOS

Página 117

10.

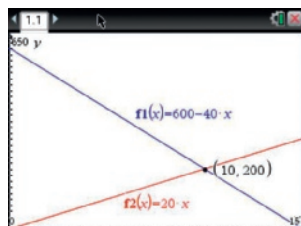
10.1. Como a velocidade é constante, o movimento é retilíneo uniforme.

$$x = x_0 + v t \Rightarrow x_A = 600 - 40 t \text{ (SI)} \text{ e } v_A = -40 \text{ m s}^{-1}$$

$$x = x_0 + v t \Rightarrow x_B = 20 t \text{ (SI)} \text{ e } v_B = 20 \text{ m s}^{-1}$$

10.2. Procedimento para calculadora gráfica **TI-Nspire CX**:

- Abrir um novo documento, selecionando a opção **1: Novo** no ecrã inicial da calculadora. Adicionar uma página de Gráficos.
- Ao surgir a linha de entrada $f1(x)$, introduzir a expressão $600 - 40 x$ e, clicando em **tab**, adicionar uma nova linha de entrada $f2(x)$, onde se deverá introduzir a expressão $20 x$.
- Ajustar a janela, selecionando **menu, 4: Janela, 1: Definições da janela** e introduzir os valores: $x_{\min}$: 0; $x_{\max}$: 15; Escala x: Automático; $y_{\min}$: 0; $y_{\max}$: 650; Escala y: Automático.



- Para determinar o ponto de interseção fazer **menu, 6: Analisar gráfico, 4: Interseção**.
- Selecionar uma região à esquerda do ponto de interseção para limite inferior e uma região à direita do ponto de interseção para limite superior. O ponto obtido possui as coordenadas (10; 200), logo os automóveis cruzam-se na posição 200 m e no instante $t = 10$ s.

11.

11.1. a) $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a = \frac{60 - (-60)}{12,0 - 0,0} \Leftrightarrow a = 10 \text{ m s}^{-2}$

b) [0,0; 6,0] s

$v = -60 + 10 t \text{ (SI)}$

c) [6,0; 12,0] s

d) 6,0 s

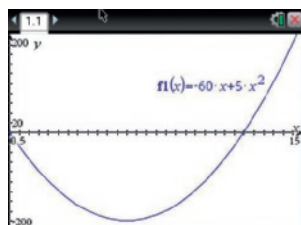
11.2. Como se trata de um movimento retilíneo uniformemente variado, a equação das posições é dada pela expressão:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \Rightarrow x = -60 t + 5 t^2$$

A curva do gráfico posição-tempo será uma parábola, com concavidade para cima uma vez que a componente escalar da aceleração é positiva.

Procedimento para calculadora gráfica **TI-Nspire CX**:

- Abrir um novo documento, selecionando a opção **1: Novo** no ecrã inicial da calculadora. Adicionar uma página de Gráficos.
- Ao surgir a linha de entrada $f1(x)$, introduzir a expressão $y = -60 x + 5 x^2$.
- Ajustar a janela, selecionando **menu, 4: Janela, 1: Definições da janela** e introduzir os valores: $x_{\min}$: 0; $x_{\max}$: 15; Escala x: Automático; $y_{\min}$: -200; $y_{\max}$: 200; Escala y: Automático.



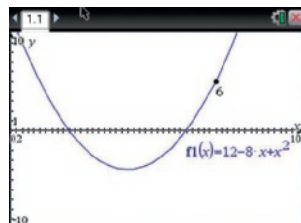
12.

- 12.1. a) O conjunto pessoa + *segway* inverte de sentido quando $v = 0 \text{ m s}^{-1}$, pelo que através da equação das velocidades é possível determinar o instante em que este muda de sentido: $v = -8 + 2t \Rightarrow 0 = -8 + 2t \Leftrightarrow t = 4 \text{ s}$

b) No instante em que o conjunto pessoa + *segway* passa na origem das posições $x = 0 \text{ m}$:

$$x = 12 - 8t + t^2 \Rightarrow 0 = 12 - 8t + t^2 \Leftrightarrow t = 2 \text{ s e } t = 6 \text{ s}$$

12.2.



O módulo da velocidade instantânea do conjunto aos 7 s corresponde ao declive da reta tangente nesse instante. Para isso, com a calculadora TI-Nspire CX fazer **menu, 6: Analisar gráfico, 5: dy/dx** e digitar o número 7. O declive da reta tangente surge de imediato no ecrã, junto à linha do gráfico nesse instante, que no caso referido é de 6 m s^{-1} .

- 12.3. A posição aos 5 s é:

$$x = 12 - 8t + t^2 \Rightarrow x = 12 - 8 \times 5 + 5^2 \Leftrightarrow x = -3 \text{ m}$$

$$\Delta r = x_f - x_i \Rightarrow \Delta r = -3 - 12 \Leftrightarrow \Delta r = -15 \text{ m}$$

Como o conjunto pessoa + *segway* inverte o sentido aos 4 s, a distância percorrida será superior à componente escalar do deslocamento e dependerá da posição ocupada nesse instante:

$$x = 12 - 8t + t^2 \Rightarrow x = 12 - 8 \times 4 + 4^2 \Leftrightarrow x = -4 \text{ m}$$

$$d = |x_4 - x_0| + |x_5 - x_4| \Leftrightarrow d = |-4 - 12| + |-3 - (-4)| = 17 \text{ m}$$

- 12.4. $E_{\text{dissipada}} = -\Delta E_m \Leftrightarrow E_{\text{dissipada}} = -(\Delta E_c + \Delta E_{pg}) \Leftrightarrow E_{\text{dissipada}} = -\left(\frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2\right) + 0 \Leftrightarrow$
 $\Leftrightarrow E_{\text{dissipada}} = \frac{1}{2} \times 90 \times (-8)^2 \Leftrightarrow E_{\text{dissipada}} = 3 \times 10^3 \text{ J}$

Página 118

13.

- 13.1. $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a = \frac{6,0 - 14,0}{10,0 - 0} \Leftrightarrow a = -0,80 \text{ m s}^{-2}$

$$F_R = m a \Rightarrow F_R = 0,200 \times (-0,80) \Leftrightarrow F_R = -0,16 \text{ N}$$

- 13.2. Via energética:

$$W_{F_R} = \Delta E_c \Leftrightarrow W_{F_R} = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 \Rightarrow W_{F_R} = \frac{1}{2} \times 0,200 \times 6,0^2 - \frac{1}{2} \times 0,200 \times 14,0^2 \Leftrightarrow W_{F_R} = -16 \text{ J}$$

$$W_{F_R} = F_R \Delta r \cos(\alpha) \Rightarrow -16 = 0,16 \times \Delta r \times \cos(180^\circ) \Leftrightarrow \Delta r = 1,0 \times 10^2 \text{ m}$$

Como a trajetória é retilínea e sem inversão de sentido $d = \Delta r = 1,0 \times 10^2 \text{ m}$

Via cinemática:

Tratando-se de um movimento variado a equação do movimento é de 2.º grau:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \Rightarrow x = 14,0 t - 0,40 t^2 \Rightarrow x = 14,0 \times 10,0 - 0,40 \times 10,0^2 \Leftrightarrow x = 1,0 \times 10^2 \text{ m}$$

14.

- 14.1. Opção (C)

$$\cos(\theta) = \frac{12,0}{13,0} \Leftrightarrow \theta = 22,6^\circ$$

$$F_R = F_{g,x} \Leftrightarrow F_R = F_g \sin(22,6^\circ) \Leftrightarrow F_R = m g \sin(22,6^\circ) = 3,07 \text{ N}$$

$$F_R = m a \Rightarrow 3,07 = 0,800 a \Leftrightarrow a = 3,84 \text{ m s}^{-2}$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \Rightarrow x = 1,00 t + 1,92 t^2 \text{ (SI)}$$

- 14.2.** O corpo atinge a base do plano quando $x = 13,0$ m, pelo que, através da equação das posições do referido movimento é possível determinar o instante em que atinge a base do plano.

$$x = 1,00 t + 1,92 t^2 \Leftrightarrow 13,0 = 1,00 t + 1,92 t^2 \Leftrightarrow t = 2,35 \text{ s}$$

$$v = v_0 + a t \Leftrightarrow v = 1,00 + 3,84 t \Leftrightarrow v = 1,00 + 3,84 \times 2,35 \Leftrightarrow v = 10,0 \text{ m s}^{-1}$$

- 14.3.** De acordo com o Teorema de Pitágoras, a altura do plano é:

$$12,0^2 + h^2 = 13,0^2 \Leftrightarrow h = 5,00 \text{ m}$$

Como só atuam forças conservativas ou forças que não realizam trabalho:

$$\Delta E_m = 0 \Leftrightarrow E_{m,i} = E_{m,f} \Leftrightarrow E_{c,i} + E_{pg,i} = E_{c,f} + E_{pg,f} \Rightarrow \frac{1}{2} \times 0,800 \times (1,00)^2 + 0,800 \times 10 \times 5,00 = E_{c,f} + 0 \Leftrightarrow E_{c,f} = 40,4 \text{ J}$$

$$E_{c,f} = \frac{1}{2} m v_f^2 \Rightarrow 40,4 = \frac{1}{2} \times 0,800 \times v_f^2 \Leftrightarrow v_f = 10,0 \text{ m s}^{-1}$$

15.

- 15.1.** Movimento retilíneo uniformemente acelerado.

- 15.2.** Sendo $v = v_0 + a t \Leftrightarrow t = \frac{v - v_0}{a}$. Substituindo t na equação do movimento $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ obtém-se:

$$x = x_0 + v_0 \left(\frac{v - v_0}{a} \right) + \frac{1}{2} a \left(\frac{v - v_0}{a} \right)^2 \Leftrightarrow v^2 = v_0^2 + 2 a (x - x_0), \text{ pelo que:}$$

$$0,6^2 = 2 \times a \times 5,0 \Leftrightarrow a = 0,04 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_R = m a \Rightarrow F_R = 100 \times 0,04 \Leftrightarrow F_R = 4 \text{ N}$$

- 15.3.** $W_{F_m} = F_m \Delta r \cos(\alpha) \Rightarrow W_{F_m} = 200 \times 5,0 \times \cos(0^\circ) = 1,0 \times 10^3 \text{ J}$

$$W_{F_m} = \Delta E_m \Leftrightarrow W_{F_m} = \Delta E_c + \Delta E_{pg} \Leftrightarrow W_{F_m} = \left(\frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 \right) + (m g h_f - m g h_i) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 1,0 \times 10^3 = \frac{1}{2} \times 100 \times 0,6^2 + 100 \times 10 \times h \Leftrightarrow h = 1,0 \text{ m}$$

Página 119

16.

- 16.1.** Percurso AB – Movimento retilíneo uniformemente acelerado

Percurso BC – Movimento retilíneo uniformemente retardado

- 16.2.** Opção (B)

- 16.3.** $F_R = F_{g,x} \Leftrightarrow m a = F_{g,x} \Leftrightarrow m a = m g \sin(\alpha) \Leftrightarrow a = g \sin(\alpha) \Rightarrow a = 10 \sin(45^\circ) = 7,1 \text{ m s}^{-2}$

$$v = v_0 + a t \Leftrightarrow 2,8 = 7,1 t \Leftrightarrow t = 0,39 \text{ s}$$

- 16.4.** Sendo $v = v_0 + a t \Leftrightarrow t = \frac{v - v_0}{a}$. Substituindo t na equação do movimento $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ obtém-se:

$$x = x_0 + v_0 \left(\frac{v - v_0}{a} \right) + \frac{1}{2} a \left(\frac{v - v_0}{a} \right)^2 \Leftrightarrow v^2 = v_0^2 + 2 a (x - x_0), \text{ pelo que:}$$

$$0 = 2,8^2 + 2 \times a \times 5,0 \Leftrightarrow a = -0,78 \text{ m s}^{-2}$$

$$F_R = m a \Leftrightarrow F_R = 65 \times (-0,78) \Leftrightarrow F_R = -51 \text{ N}$$

$$\text{Ou } W_{F_R} = \Delta E_c \Leftrightarrow W_{F_R} = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 \Rightarrow W_{F_R} = 0 - \frac{1}{2} \times 65 \times 2,8^2 = -2,5 \times 10^2 \text{ J}$$

$$W_{F_R} = F_R \Delta r \cos(\alpha) \Rightarrow -2,5 \times 10^2 = F_R \times 5,0 \times \cos(180^\circ) \Leftrightarrow F_R = 51 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} &= \vec{0} \\ \text{Como } \vec{F}_R &= \vec{N} + \vec{F}_g + \vec{F}_t \Rightarrow \|\vec{F}_t\| = 51 \text{ N} \end{aligned}$$

- 16.5.** A Joana adquiria movimento retilíneo uniforme pois a intensidade da resultante das forças que sobre ela atuaria seria nula, pelo que, de acordo com a Primeira Lei de Newton, a velocidade manter-se-ia constante.

3.4 MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME

17.

$$17.1. \quad a_c = \frac{v^2}{r} \Rightarrow a_c = \frac{2,4^2}{6,00} = 0,96 \text{ m s}^{-2}$$

17.2. A força resultante tem direção radial, perpendicular à velocidade, e sentido centrípeto, isto é, dirigido para o centro da trajetória. O ponto de aplicação é no centro de massa do João e a sua intensidade pode ser determinada aplicando a 2.ª Lei de Newton:

$$F_R = m a \Leftrightarrow F_R = m a_c \Rightarrow F_R = 80,0 \times 0,96 = 77 \text{ N}$$

17.3. Opção (B)

$$17.4. \quad V = \omega r \Rightarrow \omega = \frac{2,4}{6,00} = 0,40 \text{ rad s}^{-1}$$

Página 120

18.

$$18.1. \quad f = \frac{3,0 \times 10^3 \text{ voltas}}{1 \text{ min}} = \frac{3,0 \times 10^3 \text{ voltas}}{60 \text{ s}} = 50 \text{ Hz}$$

$$T = \frac{1}{f} = 0,020 \text{ s}$$

$$18.2. \quad \omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{0,020} = 3,1 \times 10^2 \text{ rad s}^{-1}$$

18.3. Opção (A)

18.4. Como os pontos X e Y têm períodos iguais têm velocidades angulares de módulos iguais. Sendo a componente escalar da aceleração centrípeta, para o movimento circular uniforme, dada por $a_c = \omega^2 r$, o módulo da aceleração será tanto maior quanto maior for o raio da trajetória. Assim, sendo o raio da trajetória descrita pelo ponto Y superior, o módulo da aceleração nesse ponto será maior.

19.

$$19.1. \quad a_c = \frac{v^2}{r} \Leftrightarrow a_c = \frac{(\omega r)^2}{r} \Leftrightarrow a_c = \omega^2 r \Rightarrow a_c = 0,40^2 \times 2,0 = 0,32 \text{ m s}^{-2}$$

$$19.2. \quad \omega = 2\pi f \Leftrightarrow f = \frac{\omega}{2\pi} \Rightarrow f = \frac{0,40}{2\pi} = 0,064 \text{ Hz}$$

19.3. Opção (D)

20.

20.1. Como ao longo da estrada retilínea a velocidade é constante (em direção, sentido e módulo), de acordo com a Primeira Lei de Newton, a força resultante deverá ser nula. Ao descrever a curva, embora o módulo da velocidade permaneça constante, a velocidade muda constantemente em direção e sentido de modo que deverá existir uma força de módulo constante, responsável por essa alteração e que é perpendicular à velocidade.

20.2. Opção (B)

Página 121

20.3. O tempo que cada carro demora a percorrer a curva depende da velocidade e da distância percorrida que corresponde a metade do perímetro, ou seja:

$$v = \frac{d}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = \frac{d}{v} \Leftrightarrow \Delta t = \frac{\pi r}{v}$$

Logo, sendo o módulo das velocidades do carro A e B iguais:

$$\frac{\Delta t_A}{\Delta t_B} = \frac{\frac{\pi r_A}{v_A}}{\frac{\pi r_B}{v_B}} \Leftrightarrow \frac{\Delta t_A}{\Delta t_B} = \frac{2 r_B}{r_B} \Leftrightarrow \Delta t_A = 2 \Delta t_B$$

20.4. Opção (A)

$$\frac{v_A}{v_B} = \frac{\frac{2\pi r_A}{T_A}}{\frac{2\pi r_B}{T_B}} \Leftrightarrow \frac{v_A}{v_B} = \frac{r_A}{r_B} \Leftrightarrow v_A = 2 v_B$$

21.

$$\mathbf{21.1.} \quad a_c = \frac{v^2}{r} \Leftrightarrow a_c = \frac{(\omega r)^2}{r} \Leftrightarrow a_c = \omega^2 r \Leftrightarrow \omega = \sqrt{\frac{a_c}{r}} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{2 \times 10}{27,5}} = 0,853 \text{ rad s}^{-1}$$

21.2. Opção (A)

No movimento circular uniforme o módulo da velocidade e a intensidade da resultante das forças não variam ao longo do tempo, só variam as suas direções e sentidos.

22.

22.1. Os satélites podem estar associados a diversas atividades científicas: estudo do meio espacial, da radiação, telescópios orbitais, etc. São também construídos para serem usados em áreas como meteorologia, deteção remota, espionagem militar e sobretudo nas telecomunicações. Existem também os satélites de Posicionamento Global (GPS) que são importantes na navegação terrestre, aérea e marítima, além de ajudar na localização de pessoas, objetos e lugares.

Página 122**22.2.** Opção (A)

22.3. Tendo em conta que a resultante das forças que atua no satélite, $\vec{F}_R$, é igual à força gravítica, $\vec{F}_g$, é possível calcular a velocidade orbital através das expressões:

$$F_R = m a \Leftrightarrow F_R = m \frac{v^2}{r} \text{ e } F_g = G \frac{m_T m_s}{r^2}, \text{ pois:}$$

$$F_R = F_g \Leftrightarrow m_s \frac{v^2}{r} = G \frac{m_T m_s}{r^2} \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{G m_T}{r}} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,98 \times 10^{24}}{(6,37 \times 10^6 + 786 \times 10^3)}} = 7,47 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$$

$$\mathbf{22.4.} \quad v = \frac{2\pi r}{T} \Rightarrow T = \frac{2\pi \times (6,37 \times 10^6 + 786 \times 10^3)}{7,47 \times 10^3} \Leftrightarrow T = 6,02 \times 10^3 \text{ s} = 1,67 \text{ h}$$

O satélite não é geoestacionário pois não apresenta um período de 24 h.

23.

23.1. São perpendiculares.

23.2. Do resultado da interação da Terra com o satélite, a Terra exerce no satélite uma força, a força gravítica, que aponta para o centro da trajetória. Como quando o satélite é colocado em órbita possui uma velocidade de módulo apropriado com uma direção perpendicular a essa força, a força fica responsável por alterar constantemente a direção da velocidade, obrigando o satélite a descrever a órbita circular, mas sem lhe alterar o módulo dessa velocidade, ou seja, com movimento uniforme. Se o módulo da velocidade diminuísse ou o satélite parasse acabaria por cair na Terra mas se a força gravítica deixasse de existir o satélite seguiria uma trajetória retilínea com movimento uniforme.

$$\mathbf{23.3.} \quad F_R = F_g \Leftrightarrow m_s \frac{v^2}{r} = G \frac{m_T m_s}{r^2} \Leftrightarrow v^2 = \frac{G m_T}{r}$$

$$v^2 = \frac{G m_T}{r} \Leftrightarrow \left(\frac{2\pi r}{T} \right)^2 = \frac{G m_T}{r} \Leftrightarrow \frac{4\pi^2 r^2}{T^2} = \frac{G m_T}{r} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow r = \sqrt[3]{\frac{G m_T T^2}{4\pi^2}} \Rightarrow r = \sqrt[3]{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,98 \times 10^{24} \times (101 \times 60)^2}{4\pi^2}} = 7,18 \times 10^6 \text{ m}$$

$$r = r_T + h \Rightarrow h = 7,18 \times 10^6 - 6,37 \times 10^6 = 8,10 \times 10^5 \text{ m} \Rightarrow h = 810 \text{ km}$$

$$23.4. \quad F_R = F_g \Leftrightarrow m_s \frac{v^2}{r} = G \frac{m_T m_s}{r^2} \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{G m_T}{r}} \Leftrightarrow v = \sqrt{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,98 \times 10^{24}}{7,18 \times 10^6}} = 7,45 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$$

23.5. Opção (A)

24.

24.1. Opção (A)

$$F_R = F_g \Leftrightarrow m_s a_c = G \frac{m_T m_s}{r^2} \Leftrightarrow a_c = \frac{G m_T}{r^2}$$

$$\frac{a_{c,x}}{a_{c,y}} = \frac{\frac{G m_T}{r_x^2}}{\frac{G m_T}{r_y^2}} \Leftrightarrow \frac{a_{c,x}}{a_{c,y}} = \frac{r_y^2}{r_x^2} = \frac{(r_T + h_y)^2}{(r_T + h_x)^2} = \frac{(6,37 \times 10^6 + 9,7 \times 10^6)^2}{(6,37 \times 10^6 + 4,8 \times 10^6)^2} = 2 \Leftrightarrow a_{c,x} = 2a_{c,y}$$

24.2. A velocidade tem direção tangente à trajetória, em cada ponto, e tem o mesmo sentido que o movimento. A resultante das forças e a aceleração têm direção radial, perpendicular à velocidade, e sentido centrípeto, isto é, dirigido para o centro da trajetória.

$$24.3. \quad F_g = G \frac{m_T m_s}{r^2} \Rightarrow F_g = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{5,98 \times 10^{24} \times 1,2 \times 10^3}{(6,37 \times 10^6 + 4,8 \times 10^6)^2} = 3,8 \times 10^3 \text{ N}$$

24.4. Um satélite é designado de geostacionário quando possui um período orbital de 24 h. Assim, estes satélites descrevem orbitas com um raio específico, que pode ser determinado por:

$$F_R = F_g \Leftrightarrow m_s \frac{v^2}{r} = G \frac{m_T m_s}{r^2} \Leftrightarrow v^2 = \frac{G m_T}{r} \Leftrightarrow \left(\frac{2\pi r}{T} \right)^2 = \frac{G m_T}{r} \Leftrightarrow \frac{4\pi^2 r^2}{T^2} = \frac{G m_T}{r} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow r = \sqrt[3]{\frac{G m_T T^2}{4\pi^2}} \Rightarrow r = \sqrt[3]{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,98 \times 10^{24} \times (24 \times 60 \times 60)^2}{4\pi^2}} = 4,2 \times 10^7 \text{ m}$$

$$r = r_T + h \Rightarrow h = 4,2 \times 10^7 - 6,37 \times 10^6 = 36 \times 10^6 \text{ m} \Rightarrow h = 36 \times 10^3 \text{ km}$$

Como a altitude máxima de um satélite científico corresponde a $9,7 \times 10^3 \text{ km}$, que é um valor inferior à altitude de um satélite geostacionário, é possível concluir que os satélites científicos não são geostacionários.

ATIVIDADES LABORATORIAIS

AL 1.3 Movimento uniformemente retardado: velocidade e deslocamento

Página 123

25.

25.1. Opção (D)

$$25.2. \quad \text{De acordo com a lei das velocidades, } v = v_0 + a t \Leftrightarrow t = \frac{v - v_0}{a}.$$

Substituindo t na equação do movimento $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ obtém-se:

$$x = x_0 + v_0 \left(\frac{v - v_0}{a} \right) + \frac{1}{2} a \left(\frac{v - v_0}{a} \right)^2 \Leftrightarrow v^2 = v_0^2 + 2 a (x - x_0)$$

25.3. De acordo com a expressão anterior, e no caso particular do movimento do cubo, considerando a posição inicial zero e tendo em conta que a velocidade final é nula:

$$v_0^2 = -2 a x$$

Ou seja, num gráfico $v^2 = f(\Delta x)$ o declive corresponde a $-2 a$, pelo que:

$$-2 a = 3,928 \Leftrightarrow a = -1,964 \text{ m s}^{-2}$$

Logo o módulo da aceleração é $1,964 \text{ m s}^{-2}$.

- 25.4.** No plano horizontal atuam no cubo a força gravítica e a força normal, com igual intensidade e sentidos opostos pelo que se anulam, e a força de atrito que corresponde à força resultante. Assim, a intensidade da resultante das forças a que o cubo se encontra sujeito pode ser determinada pela Segunda Lei de Newton:

$$F_R = m a \Rightarrow F_R = 24,8 \times 10^{-3} \times 1,964 = 4,87 \times 10^{-2} \text{ N}$$

26.

26.1. $\bar{t} = \frac{0,0195 + 0,0199 + 0,0196}{3} = 0,0197 \text{ s}$

$$d_1 = |0,0195 - 0,0197| = 0,0002 \text{ s}$$

$$d_2 = |0,0199 - 0,0197| = 0,0002 \text{ s}$$

$$d_3 = |0,0196 - 0,0197| = 0,0001 \text{ s}$$

Logo, a incerteza absoluta associada ao valor mais provável do tempo é 0,0002 s, pelo que a incerteza relativa será:

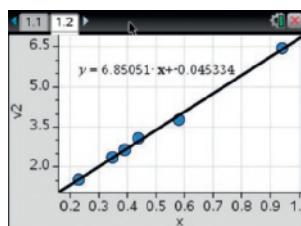
$$\frac{0,0002}{0,0197} = 0,01 \Rightarrow 1\%$$

$$t = 0,0197 \text{ s} \pm 1\%$$

- 26.2.** Se a velocidade se mantiver constante num dado intervalo de tempo, o seu valor é igual à velocidade média nesse intervalo de tempo, sendo correto o uso da expressão. No entanto, o movimento do cubo é uniformemente retardado. Nesse caso, como a velocidade varia de forma linear, a velocidade média é igual à velocidade instantânea no instante intermédio de um dado intervalo de tempo, pelo que a expressão permite determinar o módulo da velocidade para um instante intermédio de passagem do cubo pelo sensor. Além disso, como o intervalo de tempo de passagem no sensor é muito pequeno, pode ainda considerar-se que o módulo da velocidade do corpo se mantém praticamente constante enquanto atravessa a célula sendo, assim, possível calcular o módulo dessa velocidade com uma expressão relativa a um movimento retilíneo uniforme.

- 26.3.** Usando a relação $v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{5,00 \times 10^{-2}}{\Delta t}$, determinar o quadrado da velocidade inicial do cubo:

t / s	$v / \text{m s}^{-1}$	$v^2 / \text{m}^2 \text{s}^{-2}$	$\Delta x / \text{m}$
0,0404	1,24	1,53	0,23
0,0326	1,53	2,35	0,35
0,0309	1,62	2,62	0,39
0,0284	1,76	3,10	0,44
0,0258	1,94	3,76	0,58
0,0197	2,54	6,44	0,94



A equação da reta de ajuste aos pontos experimentais é dada por:

$$y = 6,85 x - 0,0453 \Rightarrow v^2 = 6,85 \Delta x - 0,0453$$

Tendo em conta que $v^2 = -2 a \Delta x$, ou seja, num gráfico $v^2 = f(\Delta x)$ o declive corresponde a $-2 a$:

$$-2 a = 6,85 \Leftrightarrow a = -3,42 \text{ m s}^{-2}$$

Logo o módulo da aceleração é $3,42 \text{ m s}^{-2}$.

DOMÍNIO ONDAS E ELETROMAGNETISMO



SINAIS E ONDAS

1.1 PROPAGAÇÃO DE SINAIS (ONDAS)

Página 160

1. As luzes e a sirene de uma ambulância enviam, respetivamente, um sinal luminoso e um sinal sonoro que comunicam aos restantes condutores que esse veículo de emergência se encontra em serviço e precisa chegar rapidamente a um centro hospitalar.
- 2.
- 2.1. Foi emitido um sinal de curta duração pois, ao longo da corda, só se propagou um pulso resultante da perturbação criada na corda pelo movimento da mão da pessoa.
- 2.2. $v = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow 2,7 = \frac{5,0}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = 1,9 \text{ s}$
- 3.
- 3.1. Pode afirmar-se que foi criada uma onda porque foi causada uma perturbação, um sinal, que se propagou pela superfície da água.
- 3.2. A rolha de cortiça fará um movimento de subida e descida, acompanhando as partículas da água que se movimentam devido à transferência de energia da onda, sem nunca se deslocar na direção de propagação da onda.
- 3.3. $v = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{5,0 \times 10^{-2}}{0,20} = 0,25 \text{ m s}^{-1}$.
- 3.4. O tempo que a onda demora a chegar à extremidade da tina é diretamente proporcional à distância que a onda percorre e inversamente proporcional à velocidade de propagação. Embora a distância a percorrer seja a mesma, alterando o fluido altera-se o meio de propagação e consequentemente a velocidade de propagação. Assim, o tempo que a onda demora a chegar à extremidade da tina é afetado: aumenta se a velocidade de propagação da onda nesse novo fluido diminuir; diminui se a velocidade de propagação for superior.
4. Opção (C).
 $v = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow d = 1500 \times \frac{3}{2} = 2,2 \times 10^3 \text{ m}$
- 5.
- 5.1. As ondas internas, como a direção de oscilação das partículas do meio coincide com a direção de propagação da onda, são ondas longitudinais. As ondas à superfície são transversais porque a direção de oscilação das partículas do meio ocorre numa direção perpendicular à direção de propagação da onda.

Página 161

- 5.2. A afirmação não é correta do ponto de vista físico pois a embarcação pode ser deslocada devido às correntes, mas nunca pela passagem das ondas.
De facto, as ondas transportam energia mas não matéria, ou seja, as ondas põem as partículas a vibrar relativamente a uma posição de equilíbrio mas não as arrastam dessa posição de equilíbrio.
- 6.
- 6.1. Na extremidade do recipiente foi causada uma perturbação no nível da água que produziu um sinal. A propagação desse sinal à superfície da água originou a onda.
- 6.2. Quanto à natureza, e como as partículas do meio oscilam em torno de uma posição de equilíbrio, a onda é mecânica. Quanto ao modo como se propaga, atendendo que a oscilação das partículas do meio ocorre numa direção perpendicular à direção de propagação da onda, é uma onda transversal.

6.3. Opção (C).

6.4. Pode medir-se o comprimento do recipiente e cronometrar-se o tempo que a onda demora a percorrer o recipiente, desde o ponto onde é criada até à outra extremidade. Dividindo o comprimento do recipiente pelo tempo que a onda demorou a percorrer essa distância obtém-se a velocidade de propagação da onda.

1.2 ONDAS HARMÓNICAS E ONDAS COMPLEXAS

7.

$$7.1. \quad A = \frac{1,6}{2} = 0,80 \text{ cm}$$

$$7.2. \quad \lambda = \frac{2,25}{2} = 1,12 \text{ m}$$

$$7.3. \quad \lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow 1,12 = \frac{1,4}{f} \Leftrightarrow f = 1,2 \text{ Hz}$$

$$7.4. \quad v = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow 1,4 = \frac{2,25}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = 1,6 \text{ s}$$

Página 162

8.

8.1. Opção (B).

8.2. Entre os instantes considerados a onda deslocou-se quatro divisões, ou seja, 0,40 m, logo:

$$v = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{0,40}{0,90} \Leftrightarrow v = 0,44 \text{ m s}^{-1}$$

$$8.3. \quad \lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow 1,2 = \frac{0,44}{f} \Leftrightarrow f = 0,37 \text{ Hz}$$

$$\omega = 2 \pi f \Rightarrow \omega = 2 \pi \times 0,37 = 2,3 \text{ rad s}^{-1}$$

8.4. A função que traduz a variação temporal da elongação das partículas para este sinal harmónico é:

$$y = A \sin(\omega t) \Rightarrow y = 0,10 \sin(2,3 t) \text{ (m)}$$

$$\text{No instante } 1,2 \text{ s: } y = 0,10 \sin(2,3 \times 1,2) \Leftrightarrow y = 0,037 \text{ m}$$

9.

9.1. A partícula localizada no ponto 1 move-se numa direção vertical (para cima e para baixo). A partícula localizada no ponto 2 move-se numa direção horizontal (para a frente e para trás).

9.2. A onda que se propaga longitudinalmente é a onda B pois é aquela que apresenta uma direção de oscilação coincidente com a direção de propagação. A que se propaga transversalmente é a A pois a direção de oscilação é perpendicular à direção de propagação.

$$9.3. \quad y = 0 \text{ m}$$

9.4. Opção (C).

$$\omega = 2 \pi f \Rightarrow 5 \pi = 2 \pi \times f \Leftrightarrow f = 2,5 \text{ Hz} \Rightarrow T = 0,4 \text{ s}$$

10.

10.1. Opção (D).

10.2. Essa distância corresponde à elongação máxima, ou seja, à amplitude da onda.

10.3. Opção (D).

$$10.4. \quad \lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{5,00 \times 10^3}{7,50} = 667 \text{ m}$$

$$v = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow 5,00 \times 10^3 = \frac{300 \times 10^3}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = 60 \text{ s}$$

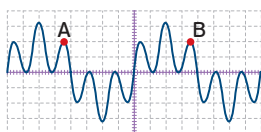
Página 163**11.****11.1.** Opção (B).**11.2.** Tratando-se de ondas periódicas o sinal emitido deve repetir-se em intervalos de tempo regulares.**11.3.** A análise do gráfico $y = f(t)$ não nos permite concluir acerca do tipo de onda analisado pois tanto as partículas de uma onda harmónica transversal como as partículas de uma onda harmónica longitudinal oscilam relativamente a uma posição de equilíbrio de forma periódica, obtendo-se curvas sinusoidais para qualquer uma dessas ondas nos gráficos $y = f(t)$.**11.4.** Opção (D).**11.5.** Opção (A).**11.6.** A onda que resulta da sobreposição das duas primeiras é uma onda complexa periódica com uma frequência igual à frequência da onda 1 (tida por fundamental).**12.****12.1.** A de maior frequência é a onda B e a de maior amplitude a C.**12.2.** A energia transportada por uma onda depende da amplitude de oscilação e da frequência do sinal. Como as ondas A e B possuem a mesma amplitude mas B apresenta maior frequência, então a onda B transporta mais energia. Já as ondas A e C apresentam a mesma frequência, mas C apresenta uma amplitude superior pelo que será a onda que transporta mais energia.**Página 164****12.3.** A frequência de vibração de uma onda harmónica não se altera durante a propagação, depende apenas da frequência da fonte. Assim, para alterar a frequência de vibração das partículas é necessário variar a frequência de oscilação da mão que cria a perturbação.

12.4. $\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow 1,0 \times 10^{-2} = \frac{6,0 \times 10^{-2}}{f} \Leftrightarrow f = 6,0 \text{ Hz}$

$$y = A \sin(\omega t) \Rightarrow y = 3,8 \times 10^{-3} \sin(2\pi \times 6,0 t) \Leftrightarrow y = 3,8 \times 10^{-3} \sin(12\pi t) \text{ (m)}$$

13.**13.1.** O período é representado por Z e a amplitude por X.

13.2. $y = A \sin(\omega t) \Rightarrow y = X \sin\left(\frac{2\pi}{Z}t\right) \text{ (cm)}$

13.3. A e D; B e E.**13.4.** Opção (D).**14.****14.1.** Ainda que se trate de uma onda periódica, ela não pode ser expressa por uma função sinusoidal logo não é uma onda harmónica mas sim uma onda complexa.**14.2.** A onda complexa representada na figura A pode ser obtida pela sobreposição de duas ondas harmónicas: uma de 50 Hz e outra de 250 Hz com dois terços da amplitude da primeira.**14.3.** Por exemplo:**14.4.** Como a onda se repete a cada oito divisões e cada divisão corresponde a 2,5 ms então, o período da onda é $2,0 \times 10^{-2} \text{ s}$.

$$\text{Sendo a frequência da onda o inverso do período: } f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = \frac{1}{2,0 \times 10^{-2}} = 50 \text{ Hz.}$$

1.3 O SOM COMO ONDA DE PRESSÃO

Página 165

15.

15.1. Nesta experiência pode comprovar-se que o som precisa de meio material para se propagar.

15.2. É uma onda de pressão longitudinal.

15.3. Se os alunos continuam a ver o despertador a vibrar é porque a luz se propaga mesmo no vazio, não precisa de meio material para se propagar. Já o som deixa de se ouvir porque, retirando o ar do interior da campânula, deixa de haver meio de propagação para o som.

15.4. O som propaga-se em vários meios materiais apresentando, de uma maneira geral, maior velocidade de propagação nos sólidos. Se o despertador não estivesse suspenso o som propagar-se-ia através da superfície metálica.

$$16. \quad \lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{343}{890} = 0,385 \text{ m}$$

$$v = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow 343 = \frac{1 \times 10^3}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = 2,92 \text{ s}$$

17.

17.1. Opção (D).

17.2. Opção (B).

18.

18.1. O som é uma onda de pressão porque durante a propagação da onda longitudinal o movimento de oscilação das partículas para a frente e para trás cria uma sucessão regular de zonas de compressão, com maior concentração de partículas e maior pressão, e zonas de rarefação, com menor concentração de partículas e menor pressão. A variação periódica da pressão no meio material é que origina a onda de pressão.

Página 166

18.2. Opção (D).

19.

19.1. A frequência de uma onda é o número de vibrações completas que a onda efetua por unidade de tempo.

19.2. Devido à vibração da fonte sonora as partículas do meio entram em oscilação, para a frente e para trás, na direção de propagação da onda, propagando sucessivamente essa agitação às partículas vizinhas.

$$19.3. \quad \lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow 0,50 \times 10^{-3} = \frac{1540}{f} \Leftrightarrow f = 3,1 \times 10^6 \text{ Hz}$$

A frequência do ultrassom será igual independentemente do meio em que se propaga, mas o comprimento de onda varia com a velocidade de propagação:

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{343}{3,1 \times 10^6} = 1,1 \times 10^{-4} \text{ m}$$

20.

20.1. O som emitido pelo piano, embora periódico, é um som complexo uma vez que está associado a uma onda que não é traduzida por uma função sinusoidal. O som emitido pelo diapasão é um som puro correspondente a uma onda harmónica que pode ser representada por uma função sinusoidal.

$$20.2. \quad P = P_0 \sin(\omega t) \Leftrightarrow P = P_0 \sin(2 \pi f t) \Rightarrow P = 3,0 \sin(880 \pi t) \text{ (Pa)}$$

$$20.3. \quad \lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{343}{440} = 0,780 \text{ m}$$

20.4. A frequência não depende do meio de propagação, apenas da vibração da fonte do sinal, logo, será 440 Hz. Já o comprimento de onda varia com a variação da velocidade de propagação devido à mudança de meio:

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{1493}{440} = 3,39 \text{ m}$$

Página 167**21.****21.1.** Opção (A)

21.2. A imagem (A) permite verificar que na flauta transversal, tal como no piano e noutros instrumentos musicais, o som emitido, embora periódico, é complexo. A imagem (B) permite comprovar que esse som complexo é uma sobreposição de vários harmónicos com frequências definidas e intensidades relativas variáveis.

21.3. Sim, é possível. Embora se trate da mesma nota musical e as ondas complexas apresentem a mesma frequência, a sua forma é diferente sendo possível ao ouvido humano distinguir os dois sons a partir do timbre.

22.

22.1. O som correspondente à onda A, embora periódico, é um som complexo uma vez que está associado a uma onda que não é traduzida por uma função sinusoidal. Os sons correspondentes às ondas B e C são sons puros pois correspondem a ondas harmónicas que podem ser representadas por funções sinusoidais.

22.2. A onda complexa A, com a mesma frequência que a onda B, pode ser obtida pela sobreposição das ondas harmónicas B e C com amplitudes e fase adequadas.

22.3. Opção (B)**23.**

23.1. O microfone serve para captar o sinal sonoro e converter esse sinal num sinal elétrico para que possa ser observado no osciloscópio.

23.2. As zonas escuras representam as zonas de compressão onde há maior concentração de partículas e uma maior pressão. As zonas claras representam as zonas de rarefação, com menor concentração de partículas e menor pressão.

Página 168**23.3.** Opção (D).**23.4.** Opção (C).

23.5. Como a frequência do sinal não iria variar, pois só depende da vibração da fonte sonora, uma diminuição da energia implicaria uma diminuição da amplitude da onda sonora. Assim, a onda visualizada no ecrã do osciloscópio deveria apresentar menor tensão nos picos pois esse valor é proporcional à amplitude do sinal.

23.6. Deveria acrescentar-se um altifalante ligado ao misturador para poder emitir um sinal sonoro como resultado da conversão do sinal elétrico que o misturador produz.

23.7. A onda A será descrita pela função P_y e a onda B pela função P_x . A distância entre duas zonas de compressão (que corresponde ao comprimento de onda) é maior em B logo a sua frequência, que varia inversamente com o comprimento de onda, deve ser menor sendo, também, menor a frequência angular.

24.

24.1. Os microfones servem para transformar os sinais sonoros em sinais elétricos para que possam ser visualizados no osciloscópio.

24.2. Opção (B).

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow 1,0 \pi \times 10^3 = \frac{2\pi}{T} \Leftrightarrow T = \frac{2\pi}{1,0 \pi \times 10^3} = 2,0 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$\text{Base de tempo: } \frac{2,0 \times 10^{-3}}{2} = 1,0 \times 10^{-3} = 1,0 \text{ ms / div}$$

24.3. Como a onda B completa um ciclo em cada divisão:

$$T = 1,0 \times 10^{-3} \text{ s}$$

$$\text{Sendo: } f = \frac{1}{T} \Rightarrow f = 1,0 \times 10^3 \text{ Hz}$$

ATIVIDADES LABORATORIAIS

AL 2.1 Características do som

Página 169

25.

25.1. A imagem 1, porque os diapásões produzem um som puro de frequência bem definida traduzidos por ondas harmónicas ou sinusoidais.

25.2. a) $T = \frac{10}{4,5} \times 1 \text{ m s} \iff T = 2,2 \times 10^{-3} \text{ s}$

A incerteza absoluta de leitura, tratando-se de um instrumento analógico, será metade da menor divisão da escala.

Contudo a menor divisão da escala será um quinto da escala escolhida para a base de tempo, logo:

$$\frac{1,0}{\frac{5}{2}} = 0,1 \text{ m s}$$

$$T = 2,2 \times 10^{-3} \text{ s} \pm 0,1 \times 10^{-3} \text{ s}$$

b) $T_B = 4,4 \times 10^{-3} \text{ s}$

$$f = \frac{1}{T} \implies f = \frac{1}{4,5 \times 10^{-3}} = 2,2 \times 10^2 \text{ Hz}$$

25.3. Opção (C).

26.

26.1. Ligar o gerador de sinais ao altifalante e o microfone ao osciloscópio. Selecionar o sinal no gerador e estabilizar a onda no ecrã do osciloscópio. Selecionar a escala de tempo que permita obter a onda com menor número de ciclos que possibilite identificar o n.º de divisões que correspondem a um ciclo completo. Determina-se o período pelo produto entre o n.º de divisões e a escala de tempo e a frequência obtém-se calculando o inverso do período.

26.2. Opção (D).

$$T = \frac{1}{f} \implies T = \frac{1}{2000} = 0,50 \text{ ms}$$

26.3. $f = \frac{1}{T} \implies f = \frac{1}{0,4960 \times 10^{-3}} = 2016 \text{ Hz}$

$$e_a = |x - x_r| \implies e_a = |2016 - 2000| = 16$$

$$e_r(\%) = \frac{e_a}{x_r} \implies e_r(\%) = \frac{16}{2000} \times 100 = 0,80\%$$

Página 170

27.

27.1. Quando os sinais se sobrepõem novamente no ecrã do osciloscópio passou o tempo necessário à realização de uma oscilação completa. No tempo de uma oscilação completa (o período) a onda também se desloca o equivalente a uma vibração. Assim, a distância medida permite determinar o comprimento de onda.

- 27.2.** Valor mais provável do comprimento de onda:

$$\bar{\lambda} = \frac{0,114 + 0,113 + 0,115 + 0,114 + 0,115}{5} = 0,114 \text{ m}$$

$$d_1 = |0,114 - 0,114| = 0,000 \text{ m}$$

$$d_2 = |0,113 - 0,114| = 0,001 \text{ m}$$

$$d_3 = |0,115 - 0,114| = 0,001 \text{ m}$$

$$d_4 = |0,114 - 0,114| = 0,000 \text{ m}$$

$$d_5 = |0,115 - 0,114| = 0,001 \text{ m}$$

A incerteza absoluta será 0,001 m, o maior dos desvios absolutos.

$$\lambda = 0,114 \text{ m} \pm 0,001 \text{ m}$$

$$\text{Incerteza relativa} = \frac{0,001}{0,114} \times 100 = 0,9\%$$

$$\lambda = 0,114 \text{ m} \pm 0,9\%$$

- 27.3.** À medida que se afasta o microfone, a distância à fonte sonora aumenta e o som torna-se mais fraco devido à perda de energia durante a propagação da vibração. Como diminui a intensidade, também diminui a amplitude da onda e, proporcionalmente, a tensão do sinal registado no ecrã do osciloscópio.

- 27.4.** Sendo a velocidade de propagação do som no ar, a 20 °C, 343 m s^{-1} , esse sinal apresenta uma frequência:

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow 0,114 = \frac{343}{f} \Leftrightarrow f = 3,01 \times 10^3 \text{ Hz}$$

Como se encontra no intervalo de frequências da zona audível do espectro sonoro (20 Hz a 20 000 Hz) poderia ser detetado pelo ser humano desde que apresente uma intensidade sonora superior ao mínimo audível.

- 27.5.** Como se mantém o meio de propagação a velocidade de propagação é a mesma. Existe, então, uma relação de proporcionalidade inversa entre a frequência e o comprimento de onda. Assim, se a frequência duplica, o comprimento de onda passa para metade: $\lambda = 0,0570 \text{ m}$.

ATIVIDADES LABORATORIAIS

AL 2.2 Velocidade de propagação do som

28.

- 28.1.** A mangueira deverá ser de um material com pouca elasticidade para que a absorção da energia durante a propagação da onda não seja significativa. Por exemplo, com uma mangueira de borracha o som que saíria da mangueira seria demasiado fraco para ser detetado.

$$\text{28.2. } \bar{\Delta t} = \frac{0,055 + 0,057 + 0,056 + 0,054 + 0,057}{5} = 0,056 \text{ s}$$

$$v = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{19,5}{0,056} = 348 \text{ m s}^{-1} = 3,5 \times 10^2 \text{ m s}^{-1}$$

$$\text{28.3. } e_a = |x - x_r| \Rightarrow e_a = |3,5 \times 10^2 - 343| = 7$$

$$e_r(\%) = \frac{e_a}{x_r} \times 100 \Rightarrow e_r(\%) = \frac{7}{343} \times 100 \Leftrightarrow e_r(\%) = 2\%$$

- 29.** O tempo que o som demora a percorrer a mangueira corresponde ao intervalo de tempo que separa os dois picos:

$$\Delta t = 1,595 - 1,534 = 0,061 \text{ s}$$

Assim:

$$v = \frac{d}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{21,0}{0,061} = 344 \text{ m s}^{-1} = 3,4 \times 10^2 \text{ m s}^{-1}$$

SUBDOMÍNIO

2

ELETROMAGNETISMO

2.1 CARGA ELÉTRICA

Página 200

1.

- 1.1. As descargas elétricas resultam da transferência de elétrons da zona carregada negativamente para a zona carregada positivamente, logo, podem ocorrer dentro da própria nuvem, de baixo para cima, entre as nuvens, da parte de baixo da nuvem superior para a parte de cima da nuvem inferior, ou das nuvens para a superfície da Terra.
- 1.2. Tratando-se de um sistema eletricamente isolado há conservação total da carga elétrica e, portanto, a quantidade total de cargas positivas e negativas permanece constante.

2.

- 2.1. Opção (A)
- 2.2. Ao transferir os elétrons para o balão este fica carregado negativamente e a camisola, cedendo esses elétrons, fica carregada positivamente, com uma carga elétrica simétrica da do balão.
- 2.3. Depois do balão ficar negativamente carregado, devido à fricção, pode induzir carga elétrica noutros objetos. Assim, ao aproximar o balão da superfície os elétrons mais próximos afastam-se, pois são repelidos pelas cargas negativas do balão, passando estas a ser atraídas pelas cargas positivas da superfície que ficaram mais próximas.
3. Se, durante a fricção, a vareta fica carregada com carga elétrica negativa, o pano ficará com carga elétrica simétrica, isto é, com carga elétrica positiva. Quando o pano de lã positivamente carregado toca na esfera de cortiça há transferência de elétrons da esfera para o pano, de forma a equilibrar as cargas, ficando ambos positivamente carregados. Como a esfera de cortiça adquire carga de sinal contrário à carga da vareta de plástico irá ser atraída pela vareta.

2.2 CAMPO ELÉTRICO

4.

- 4.1. Um catião H^+ será formado por um próton no núcleo. Como um campo elétrico tem origem em cargas elétricas e o próton tem carga elétrica positiva, o catião H^+ irá criar um campo elétrico à sua volta.
- 4.2. O campo elétrico pelo catião H^+ (carga elétrica pontual positiva) apresenta a direção da linha que une a carga criadora e o ponto considerado, um sentido que aponta para fora da carga criadora e uma intensidade que é tanto maior e menor a distância a que o ponto considerado se encontra do catião H^+ .

5.

- 5.1. As linhas de campo elétrico criado pela carga pontual negativa apresentam direção radial, com sentido para a carga criadora e de forma que a densidade de linhas aumente com o aumento da proximidade à carga criadora.

Página 201

5.2. Opção (B)

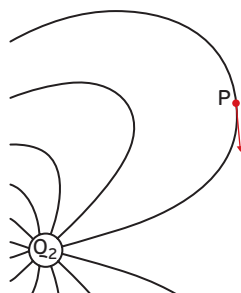
5.3. Opção (A)

5.4. Opção (C)

6.

6.1. Uma vez que as linhas de campo têm origem na carga Q_1 e terminam na Q_2 , a carga Q_1 é positiva e a Q_2 negativa.

6.2.



6.3. Opção (D)

6.4. Opção (A)

7.

7.1. A carga q será positiva pois o sentido da força elétrica coincide com o sentido do campo elétrico.7.2. Como uma carga pontual positiva cria um campo que aponta para fora da carga, a carga Q deverá localizar-se à esquerda da carga q .**Página 202**

8.

8.1. O campo elétrico entre as placas paralelas é uniforme e, por isso, as linhas de campo devem ser paralelas (no caso, segundo uma direção vertical), com sentido da placa positiva para a placa negativa (de cima para baixo) e equidistantes de modo a representar uma intensidade constante.

8.2. O campo elétrico é tangente à linha de campo no ponto considerado e tem o mesmo sentido da linha de campo, logo, o campo elétrico a que a gotícula está sujeita é vertical e de cima para baixo (no sentido da placa positiva para a placa negativa). A direção da força elétrica deverá ser igual à direção do campo elétrico (vertical) mas, tratando-se de uma carga negativa, o sentido será oposto ao do campo elétrico (de baixo para cima).

8.3. Opção (C)

2.3 CAMPO MAGNÉTICO

9. No galvanómetro existe um campo magnético permanente criado pelo íman e um campo magnético variável que resulta da passagem de corrente na bobina o que comprova que um campo magnético pode ter duas origens distintas. Além disso, o campo magnético fixo interage com o campo magnético que se cria quando passa corrente elétrica na bobina criando forças magnéticas atrativas e repulsivas que o orientam fazendo rodar a bobina e o ponteiro. Este movimento devido à ação das forças magnéticas comprova a existência do campo magnético.

Página 203

- 10.
- 10.1. O pólo X é o norte e o Y é o sul.
- 10.2. Opção (D)
- 11.
- 11.1. As linhas de campo magnético representam um campo magnético uniforme porque são linhas paralelas, todas com o mesmo sentido e equidistantes o que significa que o campo magnético é igual em qualquer ponto.
- 11.2. Pode encontrar-se um campo magnético uniforme na região que medeia os pólos num íman em forma de ferradura que seja bastante comprido, na região do espaço entre os pólos de um íman em forma de C ou no interior de um solenoide.
- 11.3. O campo magnético num qualquer ponto dessa região do espaço apresenta uma direção perpendicular ao plano do papel, sentido do leitor para o plano do papel.
- 12.
- 12.1. Opção (D)
- 12.2. Quando se fecha o circuito cria-se um campo magnético à volta do solenoide que provocará um desvio na agulha magnética. O norte (ponta vermelha) tenderá a orientar-se de acordo com as linhas de campo magnético, logo rodará para o lado esquerdo, no sentido contrário aos ponteiros do relógio.
- 12.3. Oersted verificou que a agulha magnética de uma bússola era desviada quando se aproximava um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica e que o desvio ocorria no sentido oposto se o sentido da corrente elétrica fosse invertido. Uma vez que uma agulha magnética se orienta de acordo com o campo magnético existente nessa região do espaço, Oersted concluiu que, à semelhança de um íman, um fio condutor atravessado por corrente elétrica cria um campo magnético à sua volta que, sobrepondo-se ao campo magnético terrestre, provoca o desvio observado na agulha da bússola.
- 13.
- 13.1. Representam as linhas de campo magnético em torno do fio condutor.
- 13.2. Utilizando a regra da mão direita, o polegar indica o sentido da corrente elétrica que, neste caso, aponta para cima. Conclui-se assim, que a corrente que percorre o fio condutor entra por baixo e sai pela parte de cima do fio.

Página 204

- 13.3. Opção (B)
- 13.4. Opção (A)
- 13.5. O campo magnético em C é uniforme porque é representado por linhas de campo paralelas e equidistantes.
- 13.6. D, E, C

2.4 INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA E PRODUÇÃO INDUSTRIAL DE ENERGIA ELÉTRICA

14.

14.1. O ponteiro oscila nos momentos em que se liga ou desliga o interruptor.

14.2. Na situação B o primeiro circuito é atravessado por uma corrente alternada, cuja intensidade varia sinusoidalmente com o tempo, o que origina um campo magnético também variável. O fluxo magnético desse campo magnético na bobina do segundo circuito será também variável no tempo, o que origina uma força eletromotriz induzida que oscila periodicamente entre valores positivos e negativos.

15.

$$15.1. \Phi_m = B A \cos(\alpha) \Rightarrow \Phi_m = (2 \times 4,05 \times 10^{-3}) \times (\pi \times 0,100^2) \times \cos(60^\circ) \Leftrightarrow \Phi_m = 1,27 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

$$15.2. \Phi_{m, \text{bobina}} = N \Phi_{m, \text{espira}} \Rightarrow \Phi_{m, \text{bobina}} = 50 \times 1,27 \times 10^{-4} = 6,36 \times 10^{-3} \text{ Wb}$$

15.3. Como a intensidade do campo magnético duplica em 10,0 s também o fluxo magnético será o dobro ao fim desse tempo, logo $\Phi_{m,i} = 6,35 \times 10^{-5} \text{ Wb}$, pelo que a força eletromotriz induzida será:

$$|\mathcal{E}_i| = \frac{|\Delta \Phi_m|}{\Delta t} \Rightarrow |\mathcal{E}_i| = \frac{|1,27 \times 10^{-4} - 6,35 \times 10^{-5}|}{10,0} = 6,35 \times 10^{-6} \text{ V}$$

Página 205

16.

16.1. A força eletromotriz induzida é nula no intervalo de tempo [1,0; 2,0] s pois, de acordo com a Lei de Faraday, só há força eletromotriz induzida se houver variação do fluxo magnético e nesse intervalo de tempo o fluxo magnético é constante.

16.2. A força eletromotriz induzida é diretamente proporcional à variação do fluxo magnético e inversamente proporcional ao intervalo de tempo em que ocorre essa variação. Num gráfico de fluxo magnético em função do tempo, a força eletromotriz induzida corresponde ao declive da reta tangente. Assim, a força eletromotriz induzida é constante e máxima no intervalo de tempo [0,0; 1,0] s pois é nesse intervalo de tempo que o declive é maior e que a variação do fluxo magnético é maior para o mesmo intervalo de tempo.

17.

17.1. Opção (B)

$$17.2. \Phi_m = B A \cos(\alpha) \Rightarrow 8,0 \times 10^{-5} = B \times \pi \times 0,080^2 \times \cos(0^\circ) \Leftrightarrow B = 4,0 \times 10^{-3} \text{ T}$$

- 17.3. a) Só há força eletromotriz induzida na bobina quando o fluxo magnético varia. Neste caso, como a intensidade do campo magnético é constante e não há variação do ângulo entre a normal da espira e o campo magnético, o que varia é a área de superfície delimitada pela espira que se encontra exposta ao campo magnético. Como a área exposta só varia em dois momentos, à entrada e à saída do campo, esses são os momentos em que se cria uma força eletromotriz induzida na espira.
- b) De acordo com a Lei de Faraday, a força eletromotriz induzida será tanto maior quanto maior a variação do fluxo magnético e menor o intervalo de tempo em que ocorre essa variação. Como o movimento da espira é retilíneo uniformemente acelerado a espira demora mais tempo a entrar na zona de campo magnético do que a sair. Assim, como o tempo que demora a sair é menor, é maior a força eletromotriz induzida.

18.

18.1. Opção (A)

Página 206

18.2. O fluxo magnético é máximo quando o campo magnético atravessa perpendicularmente as espiras, ou seja, quando o campo magnético faz um ângulo de 0° com a normal à superfície delimitada pela espira, o que acontece em D. O fluxo magnético é nulo quando o campo magnético é paralelo à espira, ou seja, quando o ângulo que faz com a normal da espira é 90° o que acontece em A.

$$18.3. \Phi_{m, \text{espira}} = B A \cos(\alpha) \Rightarrow \Phi_{m, \text{espira}} = 3,0 \times 0,015 \times \cos(30^\circ) \Leftrightarrow \Phi_{m, \text{espira}} = 3,9 \times 10^{-2} \text{ Wb}$$

$$\Phi_{m, \text{bobina}} = N \Phi_{m, \text{espira}} \Rightarrow \Phi_{m, \text{bobina}} = 50 \times 3,9 \times 10^{-2} = 1,9 \text{ Wb}$$

18.4. Duplicaria.

- 18.5.** À medida que as espiras rodam há variação do ângulo que o campo magnético, criado pelo íman, faz com a normal à superfície delimitada pelas espiras, o que provoca uma variação do fluxo magnético. De acordo com a indução eletromagnética, essa variação do fluxo magnético provoca uma força eletromotriz induzida nas espiras.
- 19.** Quando o íman se aproxima da bobina a intensidade do campo magnético criado pelo íman que atravessa a bobina aumenta e, quando o íman se afasta diminui. A variação da intensidade do campo magnético que atravessa a bobina conduz a um fluxo magnético na bobina variável que induz uma força eletromotriz induzida na bobina. Essa força eletromotriz induzida origina a corrente elétrica induzida no circuito.
- 20.**
- 20.1.** Opção (A)
- 20.2.** De acordo com o Efeito Joule sempre que uma corrente elétrica passa num circuito há dissipação de energia. A energia dissipada é proporcional à resistência elétrica do circuito, ao quadrado da corrente elétrica que o atravessa e ao respetivo intervalo de tempo. Ao aumentar a tensão elétrica diminui-se a corrente elétrica e, consequentemente, a energia dissipada no transporte de energia elétrica, motivo pelo qual se utilizam tensões elevadas.
- 20.3.** Opção (B)
- 21.**
- 21.1.** Opção (C)
- 21.2.** $\frac{U_s}{U_p} = \frac{N_s}{N_p} \Rightarrow \frac{U_s}{230} = \frac{9}{4} \Leftrightarrow U_s = 518 \text{ V}$
- 21.3.** A corrente alternada que percorre a bobina do primário cria um campo magnético variável no núcleo de ferro que se estende a todo o ferro. Ao atravessar a bobina do secundário, esse campo magnético variável origina um fluxo magnético também variável que, por indução eletromagnética, cria uma força eletromotriz induzida no secundário responsável pela corrente induzida que atravessa o circuito exterior ao secundário. A tensão elétrica no secundário é diretamente proporcional à tensão elétrica no primário, sendo a constante de proporcionalidade $\frac{N_s}{N_p}$



ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

3.1 ESPETRO ELETROMAGNÉTICO

Página 241

1.
 - 1.1. Opção (C)
 - 1.2. Opção (A)
2.
 - 2.1. Uma onda eletromagnética é originada por uma carga elétrica oscilante.
 - 2.2. Opção (B)
 - 2.3. Com a produção e deteção de ondas eletromagnéticas com grande comprimento de onda, Hertz não só comprovou e validou a teoria de Maxwell como abriu caminho à comunicação a longa distância com base nas radiações eletromagnéticas.
3. Opção (B)
4.
 - 4.1. Uma onda eletromagnética é uma onda transversal que resulta na propagação no espaço e no tempo de um campo elétrico e de um campo magnético perpendiculares entre si e perpendiculares à direção de propagação. No vazio, estas ondas propagam-se com uma velocidade de $3 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$.
 - 4.2. A frequência das cargas elétricas oscilantes na antena deve ser 9 kHz pois a frequência de oscilação da onda é igual à frequência de oscilação das cargas elétricas que a originam.

3.2 REFLEXÃO, TRANSMISSÃO E ABSORÇÃO

5.
 - 5.1. a) 1; b) 3; c) 2

Página 242

- 5.2. $E_2 = 0,2 E_i$
- 5.3. Não seria a mesma uma vez que a repartição da energia de uma onda eletromagnética que incide na superfície de separação de dois meios depende da frequência da onda incidente.
6.
 - 6.1. Ao incidir na superfície da janela a radiação pode sofrer reflexão, o que justifica o reflexo da pessoa no vidro e transmissão, isto é, atravessar o vidro, facto que justifica a observação da pessoa por quem se encontra no interior da habitação. Parte da radiação pode, ainda ser absorvida pelo vidro.
 - 6.2. Somando as energias absorvida, transmitida e refletida obtém-se o valor da energia total incidente podendo considerar-se que a energia total se conserva, isto é, o processo obedece ao Princípio da Conservação da Energia.

7.

7.1. O albedo é a razão entre a radiação eletromagnética refletida pela atmosfera e pela superfície terrestre e a radiação incidente que será:

$$\frac{6 + 20 + 4}{100} = 0,3.$$

7.2. A repartição de energia baseia-se no Princípio da Conservação da Energia, pelo que a soma de todas as partes deve ser igual à energia incidente, neste caso, igual a 100%, logo, a percentagem de energia absorvida pela superfície terrestre é $100 - 6 - 20 - 4 - 10 - 9 = 51\%$

7.3. Esta opacidade é essencial à sobrevivência dos seres vivos uma vez que essa gama de radiações é capaz de produzir alterações celulares.

3.3 REFLEXÃO E REFRAÇÃO DA LUZ

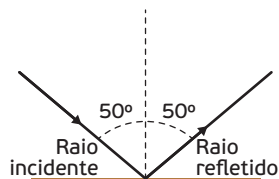
8.

8.1. Os valores dos ângulos de incidência e de reflexão são iguais.

8.2. Como parte da radiação é absorvida, a intensidade da radiação refletida será inferior à da radiação incidente.

8.3. No fenómeno de reflexão a frequência, o comprimento de onda e a velocidade da onda não são alteradas.

9.



10.

10.1. Opção (C)

10.2. Opção (D)

Página 243

10.3. Opção (D)

11.

11.1. Reflexão da luz.

11.2. O ângulo de incidência é definido entre a direção do raio incidente e a normal à superfície, logo, será: $90^\circ - 50^\circ = 40^\circ$. Então, de acordo com a 2.ª Lei da Reflexão da Luz, o ângulo de reflexão também será 40° .11.3. A distância d pode ser determinada por:

$$\operatorname{tg}(40^\circ) = \frac{d}{1,5} \Leftrightarrow d = 1,3 \text{ m}$$

12.

12.1. Refração da luz.

12.2. Opção (D)

$$12.3. \frac{n_1}{n_2} = \frac{\frac{c}{v_1}}{\frac{c}{v_2}} \Leftrightarrow \frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

13.

13.1. Opção (B)

13.2. Como a densidade da atmosfera e o índice de refração aumentam à medida que a altitude diminui, os raios solares, ao atravessarem a atmosfera mudam de direção aproximando-se da normal o que torna possível ver o Sol mesmo estando este abaixo da linha do horizonte.

14.

14.1. A velocidade da luz será menor no diamante, uma vez que, o índice de refração da luz num meio corresponde ao quociente entre a velocidade de propagação da luz no vácuo e a sua velocidade de propagação no meio em questão. Assim, o índice de refração será tanto maior quanto menor for a velocidade de propagação da luz nesse meio, o que neste caso corresponde ao diamante com o valor 2,42.

$$\mathbf{14.2.} \quad n = \frac{c}{v} \Rightarrow v = \frac{3,00 \times 10^8}{2,42} \Leftrightarrow v = 1,24 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$\mathbf{14.3.} \quad \text{a)} \quad \lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda_{\text{ar}} = \frac{3,00 \times 10^8}{5,00 \times 10^{14}} \Leftrightarrow \lambda_{\text{ar}} = 6,00 \times 10^{-7} \text{ m} = 600 \text{ nm}$$

$$\text{b)} \quad n = \frac{c}{v} \Rightarrow v_{\text{gelo}} = \frac{3,00 \times 10^8}{1,31} \Leftrightarrow v_{\text{gelo}} = 2,29 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda_{\text{gelo}} = \frac{2,29 \times 10^8}{5,00 \times 10^{14}} \Leftrightarrow \lambda_{\text{gelo}} = 4,58 \times 10^{-7} \text{ m} = 458 \text{ nm}$$

$$\text{c)} \quad \lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda_{\text{diamante}} = \frac{1,24 \times 10^8}{5,00 \times 10^{14}} \Leftrightarrow \lambda_{\text{diamante}} = 2,48 \times 10^{-7} \text{ m} = 248 \text{ nm}$$

Página 244**15.****15.1.** Sendo:

$$n_1 \sin(\alpha_i) = n_2 \sin(\alpha_R) \Rightarrow 1,00 \times \sin(37,0^\circ) = 1,60 \times \sin(\alpha_R) \Leftrightarrow 0,376 = \sin(\alpha_R) \Leftrightarrow \alpha_R = 22,1^\circ$$

15.2. Na segunda Lei da Refração da Luz ou lei de Snell-Descartes.**15.3.** Opção (C)**16.****16.1.** Sendo:

$$n_1 \sin(\alpha_i) = n_2 \sin(\alpha_R) \Rightarrow 1,33 \times \sin(\alpha_i) = 1,00 \times \sin(40,0^\circ) \Leftrightarrow \sin(\alpha_i) = 0,483 \Leftrightarrow \alpha_i = 28,9^\circ$$

16.2. Enquanto na primeira situação o feixe de luz passa de um meio com um maior índice de refração para o ar, com menor índice de refração, onde a velocidade aumenta fazendo o raio refratado afastar-se da normal, neste segundo caso o índice de refração aumenta e, como tal, a velocidade de propagação no vidro será menor conduzindo a uma aproximação do raio refratado em relação à normal. Então, o ângulo de refração será menor nesta situação.

17.

$$\mathbf{17.1.} \quad T = \frac{1}{f} \Rightarrow T = 1,05 \times 10^{-15} \text{ s}$$

Ordem de grandeza: 10^{-15}

$$\mathbf{17.2.} \quad \lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow v = 9,50 \times 10^{14} \times 175 \times 10^{-9} \Leftrightarrow v = 1,66 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$\mathbf{17.3.} \quad n = \frac{c}{v} \Rightarrow n = \frac{3,00 \times 10^8}{1,66 \times 10^8} \Leftrightarrow n = 1,80$$

$$\mathbf{17.4.} \quad n_1 \sin(\alpha_i) = n_2 \sin(\alpha_R) \Rightarrow 1,00 \times \sin(30^\circ) = 1,80 \times \sin(\alpha_R) \Leftrightarrow 0,278 = \sin(\alpha_R) \Leftrightarrow \alpha_R = 16,1^\circ$$

18.**18.1.** Partindo da expressão $n = \frac{c}{v}$:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\frac{c}{v_1}}{\frac{c}{v_2}} \iff \frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

$$\text{Sendo } \lambda = \frac{v}{f} \iff v = \lambda f$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\lambda_2 f}{\lambda_1 f} \iff \frac{n_1}{n_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

18.2. $n_1 \sin(\alpha_i) = n_2 \sin(\alpha_R) \iff \frac{n_1}{n_2} \sin(\alpha_i) = \sin(\alpha_R)$

Sendo:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

A lei de Snell pode ser expressa por:

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} \sin(\alpha_i) = \sin(\alpha_R) \implies \frac{500 \times 10^{-9}}{700 \times 10^{-9}} \times \sin(50^\circ) = \sin(\alpha_R) \iff \alpha_R = 33,2^\circ$$

Ou

$$\text{no ar: } \lambda = \frac{v}{f} \implies f = \frac{3,00 \times 10^8}{700 \times 10^{-9}} \iff f = 4,29 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

$$\text{no vidro: } \lambda = \frac{v}{f} \implies v = 4,29 \times 10^{14} \times 500 \times 10^{-9} \iff v = 2,14 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

$$n = \frac{c}{v} \implies n = \frac{3,00 \times 10^8}{2,14 \times 10^8} \iff n = 1,40$$

$$n_1 \sin(\alpha_i) = n_2 \sin(\alpha_R) \iff 1,00 \times \sin(50,0^\circ) = 1,40 \times \sin(\alpha_R) \iff \sin(\alpha_R) = 0,547 \iff \alpha_R = 33,2^\circ$$

19.**19.1.** Propagação da luz na fibra ótica.**19.2.** A onda tem de incidir numa superfícies de separação com um meio com maior índice de refração, mais refrangente, para um meio com um menor índice de refração, menos refrangente, e o ângulo de incidência na superfície de separação entre os dois meios tem de ser superior ao ângulo limite.**20.****20.1.** Sendo:

$$\sin(\alpha_i) = \frac{n_2}{n_1} \sin(\alpha_R) \text{ e } \frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

Então:

$$\sin(\alpha_i) = \frac{v_1}{v_2} \sin(\alpha_R)$$

$$\sin(\alpha_i) = \frac{1,97 \times 10^8}{3,00 \times 10^8} \times \sin(90,0^\circ) \iff \alpha_c = 41,0^\circ$$

20.2. Opção (B).

Página 245**21.**

21.1. A elevada velocidade na transmissão de informação, a fraca atenuação do sinal a transmitir, a quase total imunidade a interferências e a elevada capacidade de transporte de informação são as principais vantagens da fibra ótica nas comunicações.

21.2. Opção (D)

21.3. O núcleo deverá ser transparente à radiação incidente e apresentar um índice de refração superior ao índice de refração do revestimento.

22.

22.1. No interior da fibra:

$$n_1 \sin(\alpha_c) = n_2 \sin(90^\circ) \implies 1,48 \times \sin(\alpha_c) = 1,42 \times \sin(90^\circ)$$

$$\alpha_c = 73,6^\circ$$

À entrada da fibra:

$$1,00 \times \sin(\theta) = 1,48 \times \sin(180^\circ - 90^\circ - 73,6^\circ) \iff \theta = 24,7^\circ$$

22.2. Opção (B)

3.4 DIFRAÇÃO**23.**

23.1. Opção (D)

23.2. O fenómeno de difração ocorre quando as dimensões das fendas (d) ou dos obstáculos e o comprimento de onda (λ) são da mesma ordem de grandeza, embora com $d > \lambda$.

24.

24.1. Difração.

24.2. O fenómeno de difração é tanto mais significativo quanto mais próximos forem as dimensões das fendas ou dos obstáculos e o comprimento de onda. Assim, como na imagem A a fenda tem uma dimensão bastante superior ao comprimento de onda o efeito de difração quase não se verifica ao contrário do que acontece em B.

24.3. Será semelhante ao da figura A pois o orifício apresenta uma dimensão muito superior ao comprimento de onda logo o efeito de difração não será significativo e a onda irá propagar-se praticamente em linha reta.

Página 246**25.**

25.1. O comprimento de onda da radiofrequência é:

$$\lambda = \frac{v}{f} \implies \lambda = \frac{3,00 \times 10^8}{90,2 \times 10^6} \iff \lambda = 3,32 \text{ m}$$

Vales muito acentuados têm dimensões da ordem de grandeza das centenas de metros logo, muito superiores ao comprimento de onda o que não possibilita uma difração adequada.

25.2. O efeito de difração será tanto mais significativo quanto mais próxima for a ordem de grandeza da dimensão do obstáculo (d) e do comprimento de onda (λ), embora com $d > \lambda$. Como $\lambda = 3,32 \text{ m}$, a difração pode ocorrer com d entre 5 m e 100 m.

26.

26.1. Os comprimentos de onda da gama de micro-ondas situam-se entre $\lambda = 0,001 \text{ m}$ e $\lambda = 0,1 \text{ m}$. Tendo em conta que a sua dimensão é muito inferior à generalidade dos obstáculos das cidades (montes, prédios, casas, etc.), estas ondas praticamente não irão sofrer difração que permita contornar esses obstáculos e atingir os recetores, não sendo, portanto, adequada para estas transmissões.

26.2. As micro-ondas são pouco absorvidas ou refletidas e praticamente não se difratam na atmosfera. Assim, podem viajar entre os satélites e os recetores propagando-se praticamente em linha reta.

27. Analisando a figura verifica-se que apenas na gama das micro-ondas se encontra uma zona de total transparência que permite a sua utilização para comunicação com os satélites. Os restantes tipos de radiação são bloqueados ou absorvidos pela atmosfera impedindo a sua utilização em comunicações entre a superfície terrestre e os satélites.

3.5 EFEITO DOPPLER

28.

28.1. Efeito Doppler.

28.2. Uma vez que no sentido em que uma fonte se move o comprimento de onda diminui, a fonte desloca-se para a esquerda.

29.

29.1. Ao observador B.

29.2. A figura apresenta um aumento do comprimento de onda relativamente ao observador A, provocado pelo afastamento da fonte, e uma diminuição do comprimento de onda relativamente ao observador B, causado pela aproximação da fonte.

Página 247

30.

30.1. Quando a ambulância se aproxima da pessoa o som detetado é mais agudo e ao afastar-se é mais grave.

30.2. Opção (B)

31. O radar emite uma onda com uma determinada frequência. Esta radiação sofre reflexão na viatura sendo novamente detetada pelo radar. No entanto, como a viatura está a aproximar-se do radar a frequência da onda recebida pelo radar é superior à da onda emitida. A relação entre os valores das frequências permite determinar a velocidade do veículo.

32.

32.1. O desvio para o vermelho consiste numa alteração do espetro de luz das estrelas em que se verifica que as linhas espectrais ficam mais próximas da extremidade vermelha do espetro visível, como resultado do afastamento da fonte de luz.

32.2. Um desvio para o vermelho indica um aumento do comprimento de onda o que, de acordo com o efeito Doppler, está associado a um afastamento da fonte de radiação. Assim, o desvio para o vermelho permite perceber que estrelas e galáxias se estão a afastar e que a velocidade de afastamento das galáxias mais distantes é maior. Então, pode-se inferir que o espaço está em expansão, o que corrobora a concepção do Universo em expansão prevista na teoria do big-bang.

33.

33.1. Ambas se afastam da Via Láctea pois os espetros B e C apresentam um desvio para o vermelho relativamente ao espetro da fonte em repouso indicativo do afastamento da fonte.

33.2. A fonte geradora do espetro C, uma vez que o desvio para o vermelho é mais acentuado.

ATIVIDADES LABORATORIAIS

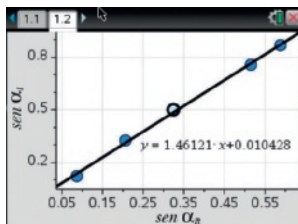
AL 3.1 Ondas: Absorção, reflexão, refração e reflexão total

Página 248

34.

34.1. De acordo com a 2.ª Lei da Reflexão da Luz, as amplitudes dos ângulos de incidência e de reflexão são iguais.

34.2.



O declive da reta corresponde ao índice de refração do material utilizado em relação ao ar: $n = 1,46$.

34.3. Se o material tivesse um índice de refração relativo superior, então o raio refratado aproximar-se-ia da normal, pelo que as amplitudes do ângulo de refração seriam menores.

35.

35.1. Reflexão e refração da luz.

35.2. $\alpha_i = 25^\circ$ e $\alpha_r = 15^\circ$.

35.3. O material mais apropriado será o vidro crown porque o revestimento deve apresentar menor índice de refração e, quanto maior for a diferença entre os índices de refração do núcleo e do revestimento, maior será o intervalo de amplitudes do ângulo de incidência para o qual ocorre reflexão total.

35.4. Para que ocorra reflexão total:

$$n_1 \sin(\alpha_c) = n_2 \sin(90^\circ) \Rightarrow 1,63 \times \sin(\alpha_c) = 1,52 \times \sin(90^\circ)$$

$$\alpha_c = 68,8^\circ$$

AL 3.2 Comprimento de onda e difração

36. Para um mesmo comprimento de onda, a largura do máximo central varia inversamente com largura da fenda, portanto é de esperar que à medida que a abertura da fenda diminui, o máximo central da imagem no alvo se apresente cada vez mais largo e menos nítido.

37.

$$37.1. d = \frac{1 \text{ cm}}{2000} = 5 \times 10^{-4} \text{ cm} \Leftrightarrow d = 5 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$37.2. n\lambda = d \sin(\theta) \Rightarrow \lambda_A = 5 \times 10^{-6} \times \sin(5,57^\circ) \Leftrightarrow \lambda_A = 4,85 \times 10^{-7} \text{ m}$$

$$n\lambda = d \sin(\theta) \Rightarrow \lambda_B = 5 \times 10^{-6} \times \sin(7,56^\circ) \Leftrightarrow \lambda_B = 6,58 \times 10^{-7} \text{ m}$$

37.3. Opção (C)

NOTAS:

Lined area for notes.

NOTAS:

Lined area for notes.

