

# FÍSICA E QUÍMICA A

Questões de Exames Nacionais  
e de Testes Intermédios

2008-2017

(10.<sup>o</sup> e 11.<sup>o</sup> anos)

***Edição 2018***

Com Resoluções e Explicação  
das Respostas aos Itens  
de Escolha Múltipla

Ensino Secundário

# **FÍSICA E QUÍMICA A**

**Questões de Exames Nacionais  
e de Testes Intermédios**

**2008-2017**

**(10.<sup>o</sup> e 11.<sup>o</sup> anos)**

***Edição 2018***

**Com Resoluções e Explicação  
das Respostas aos Itens  
de Escolha Múltipla**

**Física e Química A**

**Questões de Exames Nacionais e de Testes Intermédios 2008-2017 (10.º e 11.º anos)  
Com Resoluções e Explicação das Respostas aos Itens de Escolha Múltipla**

**Instituto de Avaliação Educativa, I.P.**

Travessa das Terras de Sant'Ana, 15

1250-269 Lisboa

Tel.: 21 389 51 00 Fax: 21 389 51 67

E-mail: [iave-direcao@iave.pt](mailto:iave-direcao@iave.pt)

Sítio: [www.iave.pt](http://www.iave.pt)

**Presidente do Conselho Diretivo do IAVE, I.P.: Helder Diniz de Sousa**

Capa: IAVE, I.P.

**1.ª edição: outubro 2017**

**Execução gráfica: IAVE, I. P.**

**Impressão: Cafilesa – Soluções Gráficas, Lda.**

**Depósito legal: 432623/17**

**ISBN: 978-989-99741-9-7**

**Toda a reprodução desta publicação, por fotocópia ou qualquer outro processo, sem prévia autorização do editor,  
é ilícita e passível de procedimento judicial contra o infrator.**

## ÍNDICE

<b>Apresentação</b> .....	5
<b>Questões de exames nacionais e de testes intermédios 2008-2017</b> .....	7
<b>Física 10.º Ano</b>	
<b>Domínio único – Energia e sua conservação</b> .....	9
<b>Subdomínio – Energia e movimentos</b> .....	11
<b>Subdomínio – Energia, fenómenos térmicos e radiação</b> .....	33
<b>Física 11.º ano</b>	
<b>Domínio – Mecânica</b> .....	57
<b>Domínio – Ondas e eletromagnetismo</b> .....	101
<b>Química 10.º ano</b>	
<b>Domínio – Elementos químicos e sua organização</b> .....	133
<b>Domínio – Propriedades e transformações da matéria</b> .....	147
<b>Química 11.º ano</b>	
<b>Domínio – Equilíbrio químico</b> .....	173
<b>Domínio – Reações em sistemas aquosos</b> .....	195
<b>Resoluções – Física 10.º ano – Domínio – Energia e sua conservação</b> .....	227
<b>Resoluções – Física 10.º ano – Subdomínio – Energia e movimentos</b> .....	227
<b>Resoluções – Física 10.º ano – Subdomínio – Energia, fenómenos térmicos e radiação</b> .....	243
<b>Resoluções – Física 11.º ano – Domínio – Mecânica</b> .....	255
<b>Resoluções – Física 11.º ano – Domínio – Ondas e eletromagnetismo</b> .....	279
<b>Resoluções – Química 10.º ano – Domínio – Elementos químicos e sua organização</b> .....	291
<b>Resoluções – Química 10.º ano – Domínio – Propriedades e transformações da matéria</b> ...	299
<b>Resoluções – Química 11.º ano – Domínio – Equilíbrio químico</b> .....	317
<b>Resoluções – Química 11.º ano – Domínio – Reações em sistemas aquosos</b> .....	335



## **Apresentação**

### **Aos alunos**

Esta publicação apresenta uma seleção de questões incluídas em exames nacionais e testes intermédios.

Para facilitar a organização do teu trabalho, as questões estão agrupadas de acordo com os domínios do programa em vigor.

É apresentada a chave de resposta para cada questão, acompanhada por uma breve justificação da escolha correta, assim como propostas de resolução para questões que implicam a escrita de textos ou a realização de cálculos. Só deves consultar as soluções após teres tentado resolver as questões.

Embora possas resolver as questões individualmente, sugerimos a possibilidade de trabalhares em conjunto com um ou mais colegas. Colaborando com outros colegas, podes debater as estratégias a adotar e avaliar a sua adequação à resposta pretendida. Podes também resolver cada questão individualmente e depois comparar os teus resultados e processos de resolução com os dos outros colegas.

Recomendamos-te que uses esta publicação ao longo do ano, sendo a resolução das questões uma tarefa complementar de outras que realizes nas aulas ou em casa. Resolvendo as questões, ficarás mais familiarizado(a) com as provas que irás realizar. Também perceberás que se torna mais fácil consolidar o que já aprendeste, identificar as tuas dificuldades e fazer uma melhor autoavaliação do teu trabalho.

A consulta atenta das propostas de resolução pode ajudar-te a compreender melhor como deves resolver cada questão, além de te permitir orientar o teu raciocínio e melhorar a linguagem utilizada nas respostas que implicam a expressão escrita, contribuindo para aumentar a tua confiança nos momentos em que serás avaliado(a).

A resolução das questões ajuda-te a identificar as tuas dificuldades e a aprender com os teus erros, o que aumentará as tuas possibilidades de êxito na realização de testes ou de exames nacionais.

Nas questões em que são apresentadas propostas de resolução, estas poderão não esgotar todas as possibilidades. Há outros processos alternativos igualmente válidos a que tu e os teus colegas podem recorrer. Se isso acontecer e não te sentires confiante com a validade da resolução por ti encontrada, pede ajuda a um professor.

**Bom trabalho!**

### **Aos pais e encarregados de educação**

Como pai, mãe ou encarregado de educação, deve ter em atenção que esta publicação não se destina somente à preparação para testes ou para exames nacionais nos dias que antecedem a sua realização. Ou seja, esta é uma ferramenta de trabalho que deve ser consultada e usada regularmente ao longo do ano letivo.

A resolução das questões proporciona momentos de verificação e de consolidação do que se aprendeu. Serve também para identificar e diagnosticar, atempadamente, lacunas na aprendizagem. Fazê-lo com a antecedência necessária, permitindo solicitar a intervenção do professor e garantir a possível superação dessas lacunas, constitui talvez uma das maiores vantagens de poder contar com esta publicação como auxiliar na aprendizagem do seu(sua) filho(a) ou educando(a), prevenindo insucessos indesejados num momento formal de avaliação.

### **Aos professores**

O conjunto de coletâneas que o IAVE agora publica, visa principalmente constituir uma ferramenta de trabalho que complementa outros suportes de aprendizagem utilizados pelos alunos.

Tal como referido nas mensagens aos alunos e aos pais e encarregados de educação, são inúmeras as oportunidades e os contextos de utilização desta publicação, dentro ou fora da sala de aula. Reitera-se a importância de o professor, enquanto figura incontornável na formação académica dos alunos, estimular a utilização regular desta publicação. Pode ainda ser realçada a opção pelo trabalho colaborativo entre alunos, contribuindo assim para minimizar a eventual tendência para um estudo predominantemente centrado na preparação para a realização de avaliações formais, que, como sabemos, não constitui a estratégia mais adequada para uma aprendizagem de qualidade, progressiva e sustentada.

A criação de hábitos de trabalho que levem os alunos a explicitar e a registar as operações mentais desenvolvidas na procura da resposta correta ajuda a promover a metacognição e a desenvolver uma consciência mais profunda das suas dificuldades e potencialidades. Do mesmo modo, a valorização do erro como uma oportunidade para a reflexão e para a consolidação de uma aprendizagem alicerçada num processo cognitivo mais rico constitui uma opção facilitadora da integração de diferentes aprendizagens, do recurso a raciocínios críticos ou da reconstrução e reutilização do que se aprendeu nos mais diversos contextos.

Muitos outros exemplos e sugestões de utilização poderiam aqui ser a florados, mas, no essencial, espera-se que esta publicação possa constituir um contributo adicional para a melhoria da aprendizagem dos alunos, que é o grande objetivo de todos quantos participam, direta ou indiretamente, no processo educativo.

Helder Diniz de Sousa  
Outubro de 2017

**QUESTÕES  
DE EXAMES NACIONAIS  
E DE TESTES INTERMÉDIOS  
2008-2017**



# **FÍSICA 10.º ANO**

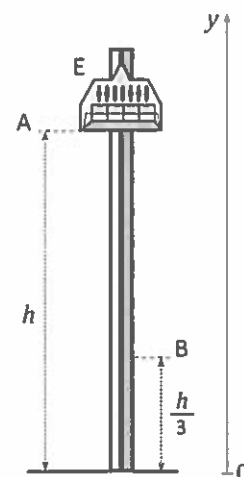
**DOMÍNIO ÚNICO:  
Energia e sua conservação**

---

**SUBDOMÍNIO**  
**Energia e movimentos**



1. A figura representa uma torre de queda livre que dispõe de um elevador, E, onde os passageiros se sentam, firmemente amarrados. O elevador, inicialmente em repouso, cai livremente a partir da posição A, situada a uma altura  $h$  em relação ao solo, até à posição B. Quando atinge a posição B, passa também a ser atuado por uma força de travagem constante, chegando ao solo com velocidade nula.



- 1.1. Selecione a opção que compara corretamente a energia potencial gravítica do sistema *elevador / passageiros + Terra* na posição B,  $E_{pB}$ , com a energia potencial gravítica desse sistema na posição A,  $E_{pA}$ .

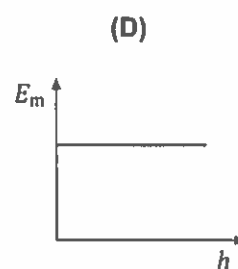
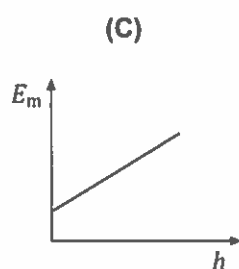
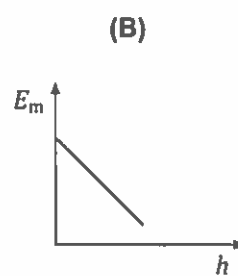
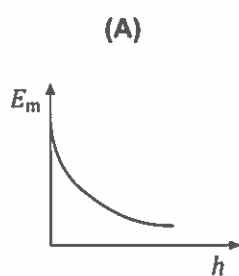
(A)  $E_{pB} = \frac{1}{3} E_{pA}$

(B)  $E_{pB} = 3 E_{pA}$

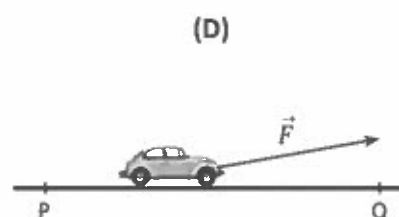
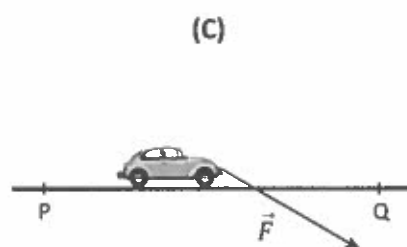
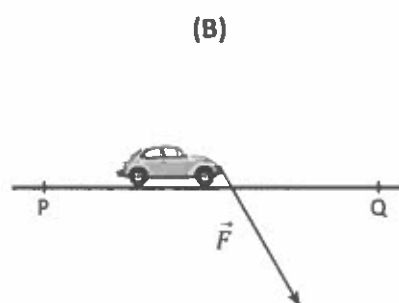
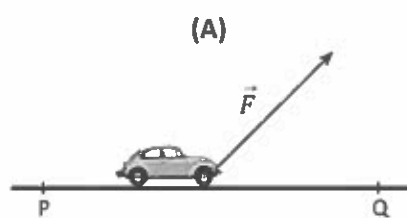
(C)  $E_{pB} = \frac{3}{2} E_{pA}$

(D)  $E_{pB} = \frac{2}{3} E_{pA}$

- 1.2. Selecione o esboço do gráfico que pode traduzir a relação entre a energia mecânica,  $E_m$ , e a altura em relação ao solo,  $h$ , do conjunto *elevador / passageiros*, durante o seu movimento de queda entre as posições A e B.



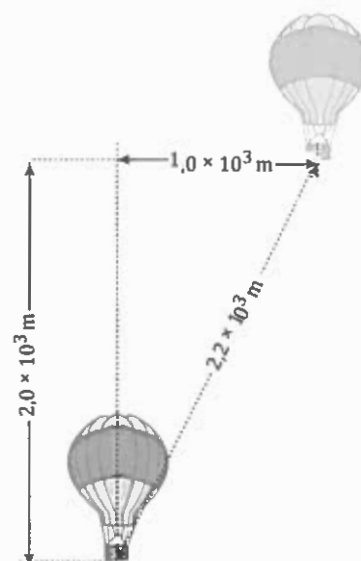
- 1.3. O trabalho realizado pela força gravítica que atua no conjunto *elevador / passageiros*, durante o seu movimento de queda entre as posições A e B, é
- (A) negativo e igual à variação da energia potencial gravítica do sistema *elevador / passageiros + Terra*.
  - (B) positivo e igual à variação da energia potencial gravítica do sistema *elevador / passageiros + Terra*.
  - (C) negativo e simétrico da variação da energia potencial gravítica do sistema *elevador / passageiros + Terra*.
  - (D) positivo e simétrico da variação da energia potencial gravítica do sistema *elevador / passageiros + Terra*.
2. Considere que um carrinho se desloca de uma posição P para uma posição Q, por ação de uma força, de intensidade constante, segundo uma trajetória retilínea e horizontal.
- 2.1. No movimento considerado, o trabalho realizado pelo peso do carrinho é nulo, porque o peso
- (A) tem direção perpendicular ao deslocamento do carrinho.
  - (B) é uma força conservativa.
  - (C) é anulado pela força de reação normal exercida pelo plano.
  - (D) tem intensidade constante.
- 2.2. Em qual das situações seguintes é maior, para o deslocamento considerado, a energia transferida para o carrinho, por ação da força representada?



3. A figura representa um balão, de massa  $m$ , que subiu  $2,0 \times 10^3 \text{ m}$  na vertical e que foi depois desviado pelo vento, deslocando-se  $1,0 \times 10^3 \text{ m}$  na horizontal.

Qual das expressões seguintes, onde  $g$  representa o módulo da aceleração gravítica, permite calcular o trabalho realizado, no deslocamento considerado, pela força gravítica,  $\vec{F}_g$ , que atua no balão?

- (A)  $W_{\vec{F}_g} = -2,0 \times 10^3 m g$   
 (B)  $W_{\vec{F}_g} = -1,0 \times 10^3 m g$   
 (C)  $W_{\vec{F}_g} = -3,0 \times 10^3 m g$   
 (D)  $W_{\vec{F}_g} = -2,2 \times 10^3 m g$

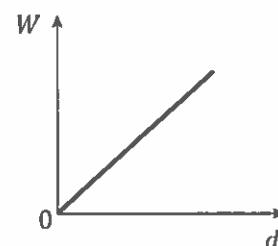


4. Admita que um balão meteorológico sobe na atmosfera, com velocidade constante, de uma posição A para uma posição B.
- 4.1. No deslocamento considerado, o trabalho realizado pela força gravítica que atua no balão é
- (A) positivo e depende do módulo da velocidade do balão.  
 (B) negativo e depende do módulo da velocidade do balão.  
 (C) positivo e depende do desnível entre as posições A e B.  
 (D) negativo e depende do desnível entre as posições A e B.
- 4.2. No deslocamento considerado, a soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam no balão é
- (A) nula, uma vez que a resultante das forças que nele atuam é nula.  
 (B) positiva, uma vez que a resultante das forças que nele atuam tem o sentido do movimento.  
 (C) nula, uma vez que a resultante das forças que nele atuam tem o sentido do movimento.  
 (D) positiva, uma vez que a resultante das forças que nele atuam é nula.

Nota: Item com conteúdos de Física de 11.º ano (Mecânica)

5. Considere que um carrinho de brincar pode percorrer, sobre uma rampa, trajetórias retilíneas no sentido descendente ou no sentido ascendente.

- 5.1. Na figura, apresenta-se o esboço do gráfico que pode representar a soma dos trabalhos realizados pelas forças aplicadas no carrinho,  $W$ , em função da distância,  $d$ , percorrida pelo carrinho, à medida que este desce a rampa.



Qual é o significado físico do declive da reta representada?

- 5.2. Conclua, justificando, se existe conservação da energia mecânica do sistema *carrinho + Terra* quando o carrinho sobe a rampa com velocidade constante.
6. Na figura encontra-se representada uma calha, inclinada, na qual estão marcados dois pontos, A e B, que distam 1,65 m. Junto ao ponto B foi colocada uma célula fotoelétrica, ligada a um sistema de aquisição de dados, de modo a medir a velocidade com que um carrinho passa nesse ponto.

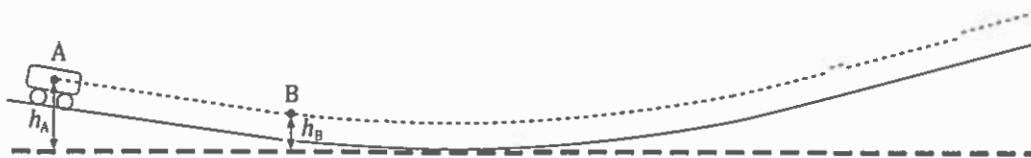


Admita que um carrinho, de massa 500 g, foi largado do ponto A da calha, tendo passado no ponto B com uma velocidade de módulo  $0,980 \text{ m s}^{-1}$ .

- 6.1. No trajeto AB considerado, o trabalho realizado pelo peso do carrinho é
- (A) positivo e a energia potencial gravítica do sistema *carrinho + Terra* aumenta.
  - (B) positivo e a energia potencial gravítica do sistema *carrinho + Terra* diminui.
  - (C) negativo e a energia potencial gravítica do sistema *carrinho + Terra* aumenta.
  - (D) negativo e a energia potencial gravítica do sistema *carrinho + Terra* diminui.
- 6.2. Calcule a intensidade da resultante das forças que atuam no carrinho durante o percurso AB. Apresente todas as etapas de resolução.
- 6.3. No ponto B, o valor da velocidade medido experimentalmente foi inferior ao valor calculado aplicando a lei da conservação da energia mecânica, pelo que, entre os pontos A e B, terá havido
- (A) diminuição da energia cinética do carrinho.
  - (B) diminuição da energia mecânica do sistema *carrinho + Terra*.
  - (C) conservação da energia cinética do carrinho.
  - (D) conservação da energia mecânica do sistema *carrinho + Terra*.

7. Na figura, encontra-se representada uma tábua flexível, montada de modo a obter duas rampas de diferentes inclinações, sobre a qual se desloca um carrinho de massa  $m = 500\text{g}$ . Na figura, encontram-se ainda representados dois pontos, A e B, situados, respetivamente, às alturas  $h_A$  e  $h_B$  da base das rampas, considerada como nível de referência para a energia potencial gravítica.

A figura não está à escala.



Considere desprezáveis as forças de atrito em todo o percurso. Considere ainda que o carrinho pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

Abandona-se o carrinho em A e mede-se a sua velocidade,  $v_B$ , no ponto B.

- 7.1. Qual das expressões seguintes permite calcular a energia potencial gravítica do sistema carrinho + Terra no ponto A,  $E_{pA}$ ?

(A)  $E_{pA} = \frac{1}{2} m v_B^2 - m g h_B$

(B)  $E_{pA} = \frac{1}{2} m v_B^2 + m g h_B$

(C)  $E_{pA} = m g h_B$

(D)  $E_{pA} = \frac{1}{2} m v_B^2$

- 7.2. Admita que os pontos A e B distam entre si  $1,10\text{ m}$  e que o carrinho passa no ponto B com uma velocidade de módulo  $1,38\text{ m s}^{-1}$ .

Calcule a intensidade da resultante das forças que atuam no carrinho no percurso AB.

Apresente todas as etapas de resolução.

- 7.3. Atendendo às condições de realização da experiência, conclua, justificando, qual é a relação entre a altura a que se encontra o carrinho no ponto em que é largado,  $h_A$ , e a altura máxima,  $h_{\text{máx}}$ , que este atinge na rampa de maior inclinação.

8. Eis-nos diante desse divertimento popular chamado montanha-russa. Um carrinho, levado ao ponto mais alto de uma linha de carris e aí abandonado à força da gravidade, cai, subindo e descendo depois pela linha fantásticamente curva, dando aos que vão dentro dele todas as sensações violentas das súbitas mudanças de velocidade... Partindo sempre do ponto mais alto, situado, por exemplo, a cem metros do chão, em parte nenhuma do percurso alcança ponto mais alto do que aquele. Vamos supor que alguém descobriu como eliminar totalmente as forças dissipativas e quer aplicar a sua descoberta à construção de uma montanha-russa. Nessa construção, deve seguir uma regra muito simples: não deve haver pontos situados a uma altura superior à do ponto de partida, embora a linha de carris possa ter qualquer comprimento. Se o carrinho puder mover-se livremente até ao final da linha de carris, poderá, no seu percurso, atingir várias vezes cem metros de altura, mas nunca poderá ultrapassar esse valor. Nas montanhas-russas reais, não será assim: depois de abandonado, o carrinho nunca atingirá a altura do ponto de partida, devido à ação das forças dissipativas.

A. Einstein, L. Infeld, *A Evolução da Física*, Lisboa,  
Livros do Brasil, pp. 43-45 (adaptado)

- 8.1. No texto, são referidas «todas as sensações violentas das *súbitas mudanças de velocidade*». Qual é o nome da grandeza a que se refere a expressão em itálico?

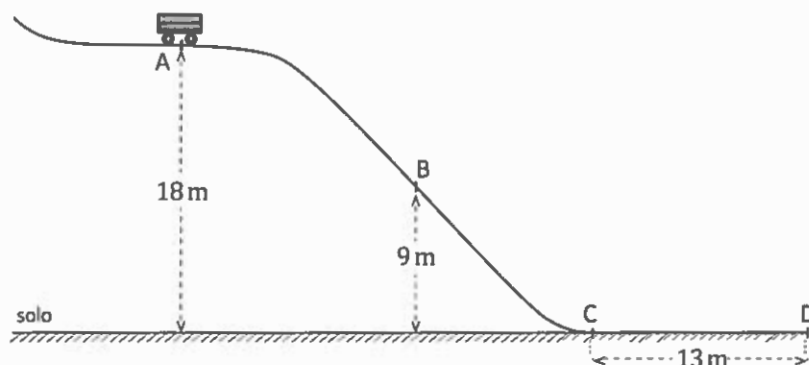
Nota: Item de Física de 11.º ano (Mecânica)

- 8.2. Um carrinho, abandonado no ponto mais alto da linha de carris de uma montanha-russa em que as forças dissipativas tenham sido totalmente eliminadas, passa no ponto mais baixo dessa linha, situado ao nível do chão, com uma velocidade cujo módulo é
- (A) diretamente proporcional à energia mecânica inicial do sistema *carrinho + Terra*.
  - (B) diretamente proporcional à altura do ponto de partida.
  - (C) independente da massa do carrinho.
  - (D) independente do módulo da aceleração gravítica local.
- 8.3. O trabalho realizado pelo peso do carrinho, entre o ponto de partida e o final da linha de carris,
- (A) é independente do comprimento da linha de carris.
  - (B) depende do número de vezes que o carrinho atinge o ponto mais alto.
  - (C) é independente da massa do carrinho.
  - (D) depende da intensidade das forças dissipativas que atuem no carrinho.
- 8.4. Explique porque é que, nas montanhas-russas reais, «depois de abandonado, o carrinho nunca atingirá a altura do ponto de partida».



9. Na figura (que não se encontra à escala), está representado um carrinho que percorre o troço final de uma montanha-russa.

Admita que o carrinho, de massa 600 kg, passa no ponto A, situado a 18 m do solo, com uma velocidade de módulo  $10 \text{ m s}^{-1}$ .



Considere o solo como nível de referência da energia potencial gravítica e considere que o carrinho pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

Entre os pontos A e C, a soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas que atuam no carrinho é desprezável.

- 9.1. A energia cinética do carrinho será o quádruplo da sua energia cinética em A num ponto em que a
- (A) velocidade do carrinho for o dobro da sua velocidade em A.
  - (B) energia potencial gravítica do sistema *carrinho + Terra* for metade da sua energia potencial gravítica em A.
  - (C) velocidade do carrinho for o quádruplo da sua velocidade em A.
  - (D) energia potencial gravítica do sistema *carrinho + Terra* for um quarto da sua energia potencial gravítica em A.
- 9.2. O trabalho realizado pela força gravítica que atua no carrinho é
- (A) maior entre os pontos A e B do que entre os pontos B e C.
  - (B) menor entre os pontos A e B do que entre os pontos B e C.
  - (C) positivo entre os pontos A e C e negativo entre os pontos C e D.
  - (D) positivo entre os pontos A e C e nulo entre os pontos C e D.
- 9.3. Considere que entre os pontos C e D, que distam 13 m entre si, atuam no carrinho forças de travagem cuja resultante tem direção horizontal e intensidade constante, immobilizando-se o carrinho no ponto D.

Calcule a intensidade da resultante das forças de travagem que atuam no carrinho, no percurso entre os pontos C e D.

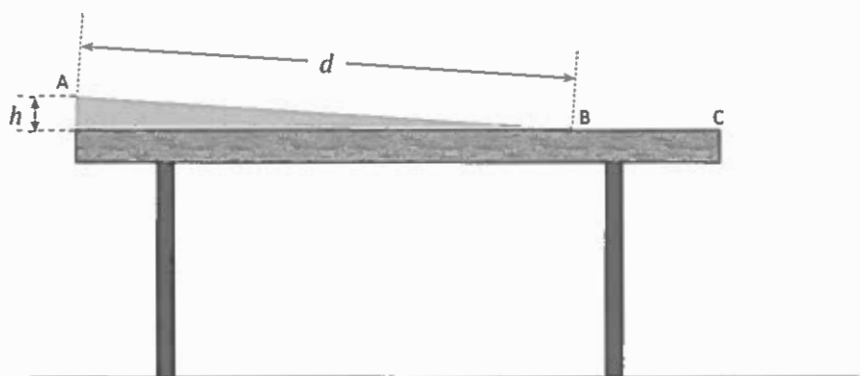
Apresente todas as etapas de resolução.

10. A figura (que não está à escala) representa uma calha inclinada, montada sobre uma mesa.

Um pequeno paralelepípedo de madeira, de massa  $m$ , é abandonado na posição A, situada a uma altura  $h$  em relação ao tampo da mesa. O paralelepípedo percorre a distância  $d$  sobre a calha, chegando à posição B com velocidade de módulo  $v_B$ . Em seguida, desliza sobre o tampo da mesa, entre as posições B e C, caindo depois para o solo.

Considere desprezáveis todas as forças dissipativas e admita que o paralelepípedo pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

Considere o solo como nível de referência da energia potencial gravítica.



10.1. No deslocamento entre as posições A e B, o trabalho realizado pela força gravítica que atua no paralelepípedo pode ser calculado pela expressão

(A)  $W = m g d$

(B)  $W = -m g d$

(C)  $W = m g h$

(D)  $W = -m g h$

10.2. No deslocamento entre as posições A e B, a soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam no paralelepípedo pode ser calculada pela expressão

(A)  $W = \frac{1}{2} m v_B^2 - m g h$

(B)  $W = \frac{1}{2} m v_B^2 + m g h$

(C)  $W = -\frac{1}{2} m v_B^2$

(D)  $W = \frac{1}{2} m v_B^2$

10.3. Apresente o esboço do gráfico que pode representar a energia mecânica,  $E_m$ , do sistema *paralelepípedo + Terra*, em função do tempo,  $t$ , para o movimento do paralelepípedo desde a posição A até chegar ao solo.

10.4. Considere que a altura do tampo da mesa em relação ao solo é 80 cm e que o paralelepípedo chega ao solo com velocidade de módulo  $4,5 \text{ m s}^{-1}$ .

Determine a altura  $h$ , representada na figura, a que a posição A se encontra em relação ao tampo da mesa.

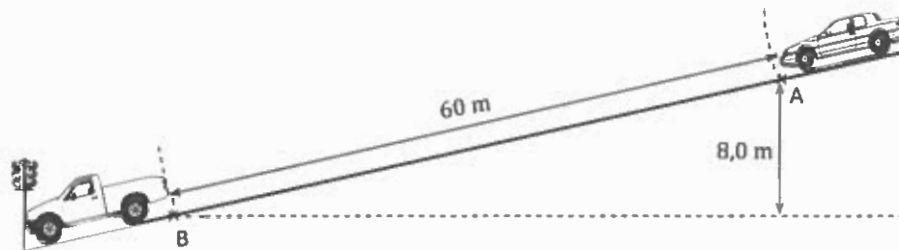
Apresente todas as etapas de resolução.

10.5. Se, em vez do paralelepípedo de madeira, se abandonasse na posição A um outro paralelepípedo do mesmo tamanho mas de maior massa, este chegaria ao solo com

- (A) maior energia mecânica.      (B) maior velocidade.  
 (C) menor energia mecânica.      (D) menor velocidade.

11. Um automóvel, de massa 1200 kg, encontrava-se estacionado no cimo de uma rampa, conforme representado na figura, quando, acidentalmente, se destravou. Deslizou ao longo da rampa, com aceleração aproximadamente constante, até colidir com outro veículo, que se encontrava parado num semáforo. Considere que o desnível entre as posições A e B, representadas na figura, é de 8,0 m e que o automóvel percorreu 60 m entre essas duas posições.

A figura não está à escala.



11.1. Com a colisão, o ponteiro do velocímetro do automóvel que deslizou ao longo da rampa ficou encravado, indicando que o módulo da sua velocidade no instante do choque era  $42 \text{ km h}^{-1}$ .

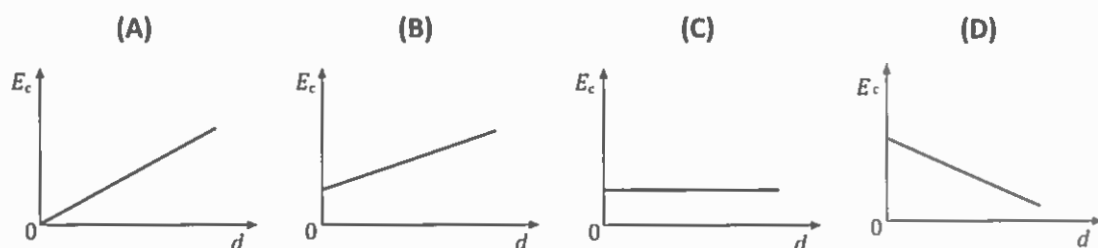
Calcule a energia dissipada pelo sistema *automóvel + Terra*, no percurso considerado.

Apresente todas as etapas de resolução.

11.2. O trabalho realizado pelo peso do automóvel, no percurso entre as posições A e B, pode ser calculado pela expressão

- (A)  $W = -10 \times 1200 \times 8,0 \text{ J}$   
 (B)  $W = 10 \times 1200 \times 8,0 \text{ J}$   
 (C)  $W = -10 \times 1200 \times 60 \text{ J}$   
 (D)  $W = 10 \times 1200 \times 60 \text{ J}$

11.3. Qual é o esboço de gráfico que traduz a relação entre a energia cinética,  $E_c$ , do automóvel e a distância,  $d$ , por ele percorrida desde a posição A até à posição B?



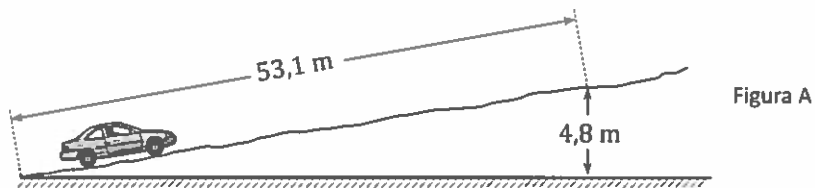
12. Considere um automóvel que, devido a uma falha no sistema de travagem, entra numa escapatória de uma autoestrada com uma velocidade de módulo  $25,0 \text{ m s}^{-1}$ .

Admita que a massa do conjunto *automóvel + ocupantes* é  $1,20 \times 10^3 \text{ kg}$ .

Considere que o automóvel pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

- 12.1. A Figura A representa o percurso do automóvel na escapatória, imobilizando-se aquele a uma altura de 4,8 m em relação à base da rampa, após ter percorrido 53,1 m.

A figura não está à escala.



Calcule a intensidade da resultante das forças não conservativas que atuam sobre o automóvel na direção do deslocamento, no percurso considerado.

Admita que essas forças se mantêm constantes e que a sua resultante tem sentido contrário ao do movimento.

Apresente todas as etapas de resolução.

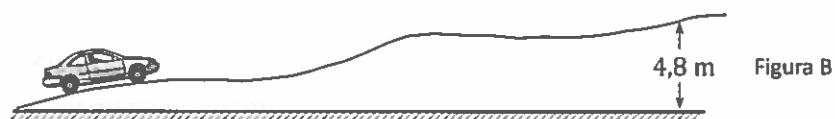
- 12.2. Considere que o automóvel entra na escapatória, nas mesmas condições.

Se a intensidade das forças dissipativas que atuam sobre o automóvel fosse maior, verificar-se-ia que, desde o início da escapatória até ao ponto em que o automóvel se imobiliza, a variação da energia

- (A) potencial gravítica do sistema *automóvel-Terra* seria maior.
- (B) cinética do automóvel seria maior.
- (C) potencial gravítica do sistema *automóvel-Terra* seria menor.
- (D) cinética do automóvel seria menor.

- 12.3. Suponha que a escapatória não tinha o perfil representado na Figura A (situação A), mas tinha o perfil representado na Figura B (situação B), e que o automóvel se imobilizava à mesma altura (4,8 m).

A figura não está à escala.



Selecione a opção que compara corretamente o trabalho realizado pela força gravítica aplicada no automóvel, desde o início da escapatória até ao ponto em que o automóvel se imobiliza, na situação A,  $W_A$ , e na situação B,  $W_B$ .

- (A)  $W_A = W_B$
- (B)  $W_A > W_B$
- (C)  $W_A < W_B$
- (D)  $W_A \geq W_B$

13. Para aumentar a área de superfície lunar suscetível de ser explorada, os astronautas da *Apollo 15* usaram um veículo conhecido como jipe lunar.

Considere que o jipe pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

- 13.1. Indique, justificando, o valor do trabalho realizado pela força gravítica aplicada no jipe quando este se desloca sobre uma superfície horizontal.

- 13.2. O jipe estava equipado com um motor elétrico cuja potência útil, responsável pelo movimento do seu centro de massa, era  $7,4 \times 10^2$  W.

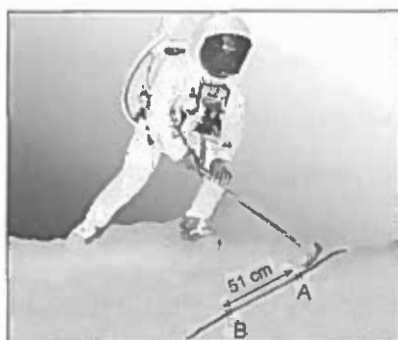
Admita que a figura representa uma imagem estroboscópica do movimento desse jipe, entre os pontos A e B de uma superfície horizontal, em que as sucessivas posições estão registadas a intervalos de tempo de 10 s.



Calcule o trabalho realizado pelas forças dissipativas, entre as posições A e B.

Apresente todas as etapas de resolução.

14. Para recolher amostras na superfície lunar, os astronautas usaram um utensílio de cabo extensível, tal como representado na figura. Imagine que, quando um dos astronautas tentou recolher uma amostra, de massa 200 g, esta deslizou, inadvertidamente, numa zona onde o solo era inclinado, passando na posição A com uma velocidade de módulo  $0,50$  m s<sup>-1</sup> e parando na posição B, tendo percorrido 51 cm entre estas posições.

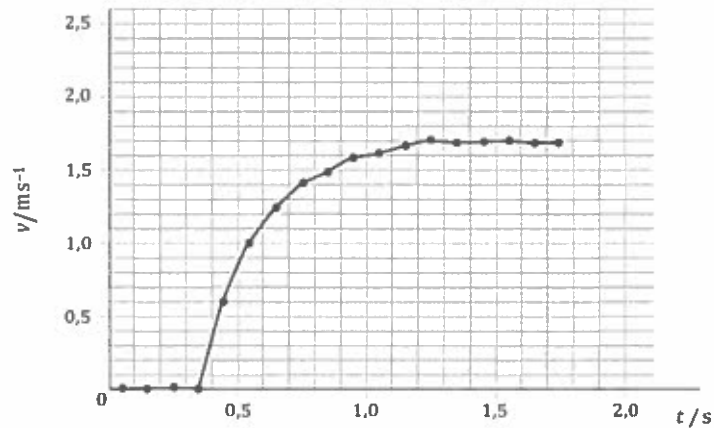


Nesse percurso, a energia potencial gravítica do sistema *amostra + Lua* diminuiu  $8,16 \times 10^{-2}$  J.

Calcule a intensidade da força de atrito que atuou sobre a amostra no percurso considerado, admitindo que aquela se manteve constante.

Apresente todas as etapas de resolução.

15. Colocou-se um balão cheio de ar (com alguns feijões no seu interior) sob um sensor de movimento ligado a um sistema de aquisição de dados adequado. Seguidamente, largou-se o balão, de modo que caísse verticalmente segundo uma trajetória retilínea. A figura representa o gráfico do módulo da velocidade,  $v$ , do balão em função do tempo,  $t$ , no intervalo de tempo em que os dados foram registados.



- 15.1. Considere o deslocamento do balão, de massa 4,8 g, no intervalo de tempo [1,3; 1,7] s.

Determine o trabalho realizado pelo peso do balão nesse deslocamento.

Apresente todas as etapas de resolução.

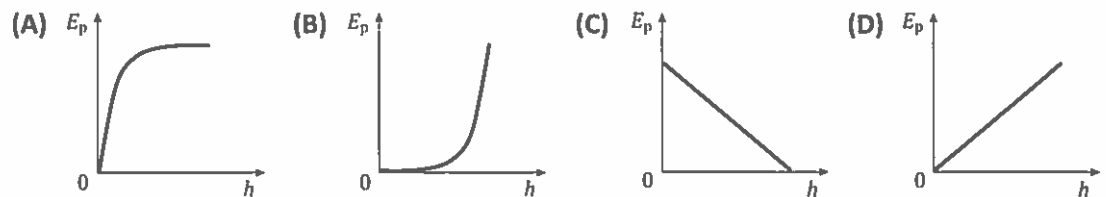
*Nota:* item com conteúdos de Física de 11.º ano (Mecânica)

- 15.2. No intervalo de tempo [0,4; 1,7] s, a energia mecânica do sistema *balão + Terra*

- (A) diminuiu sempre.
- (B) diminuiu e depois manteve-se constante.
- (C) aumentou sempre.
- (D) aumentou e depois manteve-se constante.

- 15.3. Considere o solo como nível de referência da energia potencial gravítica.

Qual é o esboço do gráfico que pode representar a energia potencial gravítica do sistema *balão + Terra* em função da altura,  $h$ , em relação ao solo?





16. Considere uma bola, de massa 4,0 g, que cai verticalmente, acabando por atingir uma velocidade terminal. Admita que a bola pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material). Calcule a energia dissipada pelo sistema *bola + Terra* quando a bola percorre 50,0 cm com velocidade terminal.

Apresente todas as etapas de resolução.

Nota: Item com conteúdos de Física de 11.º ano (Mecânica)

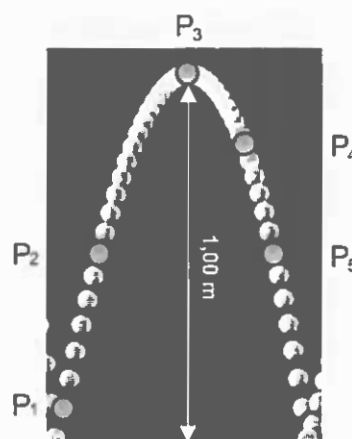
17. Numa fotografia estroboscópica, as sucessivas posições de um objeto são registadas a intervalos de tempo iguais.

A figura representa uma fotografia estroboscópica do movimento de uma bola de ténis, de massa 57,0 g, após ressaltar no solo.

$P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$  e  $P_5$  representam posições sucessivas da bola.

Na posição  $P_3$ , a bola de ténis encontra-se a 1,00 m do solo.

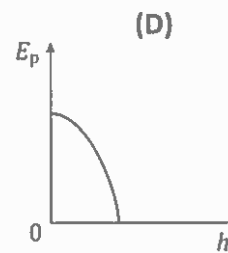
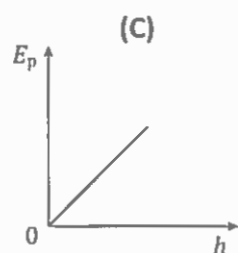
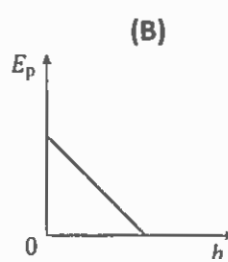
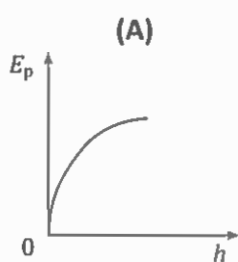
Considere o solo como nível de referência da energia potencial gravítica e a resistência do ar desprezável.



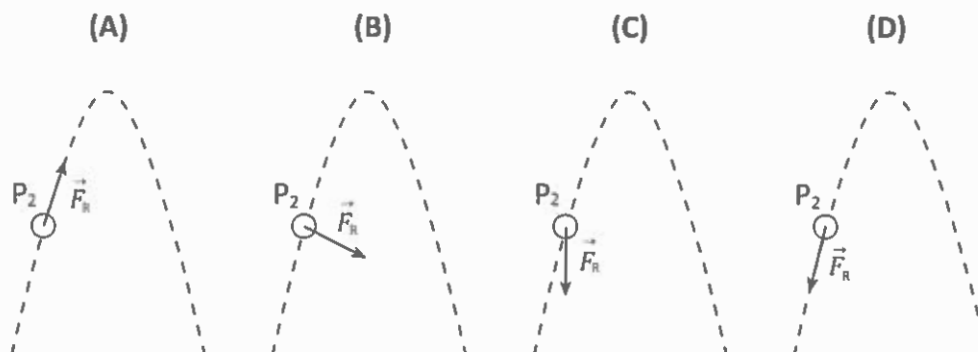
- 17.1. Em qual das seguintes posições, a energia cinética da bola é maior?

(A)  $P_1$                       (B)  $P_2$                       (C)  $P_3$                       (D)  $P_4$

- 17.2. Qual é o esboço de gráfico que pode traduzir a relação entre a energia potencial gravítica do sistema *bola + Terra*,  $E_p$ , e a altura em relação ao solo,  $h$ , da bola, durante o seu movimento entre o solo e a posição  $P_3$ ?



- 17.3. Qual é o diagrama em que a resultante das forças aplicadas na bola,  $\vec{F}_R$ , na posição  $P_2$ , está representada corretamente?



- 17.4. Admitindo que a posição  $P_5$  está a metade da altura de  $P_3$ , o trabalho realizado pela força gravítica entre as posições  $P_3$  e  $P_5$  é

- (A)  $2,85 \times 10^{-1} \text{ J}$                       (B)  $-2,85 \times 10^{-1} \text{ J}$   
 (C)  $2,85 \times 10^2 \text{ J}$                       (D)  $-2,85 \times 10^2 \text{ J}$

- 17.5. A variação da energia cinética da bola, entre as posições  $P_3$  e  $P_5$ , é

- (A) simétrica do trabalho realizado pelas forças conservativas, entre essas posições.  
 (B) igual ao trabalho realizado pela força gravítica, entre essas posições.  
 (C) simétrica da variação da energia mecânica, entre essas posições.  
 (D) igual à variação da energia potencial gravítica, entre essas posições.

- 17.6. Relacione a energia cinética da bola na posição  $P_2$  com a energia cinética da bola na posição  $P_5$ , fundamentando a resposta.

18. Uma bola de ténis, de massa  $m$ , cai verticalmente, depois de abandonada a 1,70 m do solo. A bola colide com o solo e ressalta, atingindo num primeiro ressalto a altura máxima de 0,94 m.

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

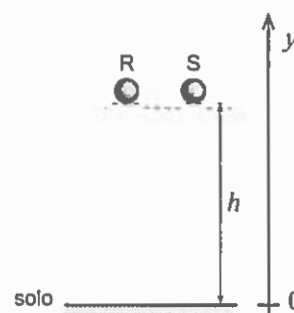
- 18.1. Qual das expressões seguintes permite calcular o trabalho realizado pela força gravítica que atua na bola, no deslocamento entre a posição em que a bola é abandonada e a posição em que, após o primeiro ressalto, a bola atinge a altura máxima?

- (A)  $-10m \times (0,94 - 1,70)$   
 (B)  $10m \times (0,94 - 1,70)$   
 (C)  $-10m \times (0,94 + 1,70)$   
 (D)  $10m \times (0,94 + 1,70)$

- 18.2. Se a percentagem de energia dissipada for a mesma em todas as colisões com o solo, é de prever que, num segundo ressalto, a bola atinja uma altura máxima de
- (A) 0,18 m
  - (B) 0,42 m
  - (C) 0,52 m
  - (D) 0,55 m

19. Na figura (que não está à escala), estão representadas duas bolas, R e S. A massa da bola R é superior à massa da bola S. As bolas são abandonadas simultaneamente, de uma mesma altura,  $h$ , em relação ao solo.

Considere desprezável a resistência do ar e admita que cada uma das bolas pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).



- 19.1. Qual é a relação entre o tempo de queda da bola R e o tempo de queda da bola S?

Nota: item de Física de 11.º ano (Mecânica)

- 19.2. As bolas R e S chegam ao solo com

- (A) a mesma velocidade e a mesma energia cinética.
- (B) a mesma velocidade e energias cinéticas diferentes.
- (C) velocidades diferentes e energias cinéticas diferentes.
- (D) velocidades diferentes e a mesma energia cinética.

- 19.3. Admita que uma das bolas ressalta no solo sem que ocorra dissipação de energia mecânica.

- 19.3.1. O trabalho realizado pelo peso da bola, desde a posição em que foi abandonada até à posição em que atinge a altura máxima após o ressalto, é

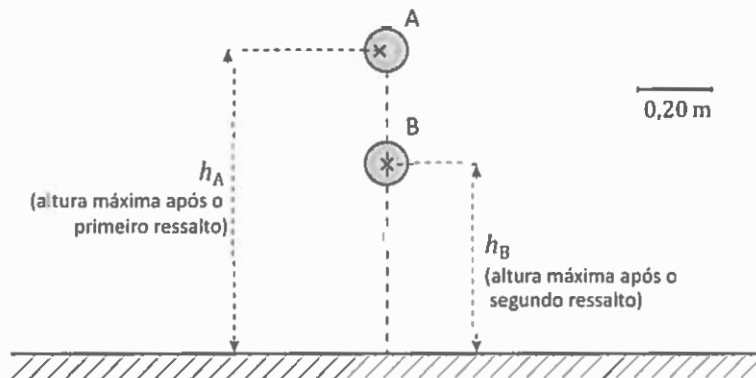
- (A) zero, porque essas posições estão à mesma altura.
- (B) zero, porque o peso é perpendicular ao deslocamento.
- (C) positivo, porque o peso tem a direção do deslocamento.
- (D) positivo, porque essas posições estão a alturas diferentes.

- 19.3.2. Desenhe, na sua folha de respostas, o(s) vetor(es) que representa(m) a(s) força(s) que atua(m) na bola, no seu movimento ascendente, após o ressalto no solo.

20. Uma bola é abandonada de uma altura,  $h$ , em relação ao solo.

Na figura, desenhada à escala, estão representadas a altura máxima em relação ao solo atingida pela bola após o primeiro ressalto,  $h_A$ , e a altura máxima em relação ao solo atingida pela bola após o segundo ressalto,  $h_B$ .

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



- 20.1. Considere a escala representada na figura e admita que a percentagem de energia dissipada é a mesma em cada ressalto.

Determine a altura,  $h$ , da qual a bola foi abandonada.

Apresente todas as etapas de resolução.

- 20.2. Explique porque é que a altura máxima atingida pela bola após cada ressalto é sucessivamente menor.

21. Na figura (que não está à escala), está representado um conjunto *ciclista + bicicleta* que iniciou a subida de uma rampa com uma energia cinética de  $2,0 \times 10^3 \text{ J}$ . Após percorrer  $68 \text{ m}$  sobre a rampa, atinge uma altura de  $3,0 \text{ m}$ , com uma velocidade de módulo  $3,5 \text{ m s}^{-1}$ .

A massa do conjunto *ciclista + bicicleta* é  $80 \text{ kg}$ .

Considere que o conjunto pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material) e considere a base da rampa como nível de referência da energia potencial gravítica.

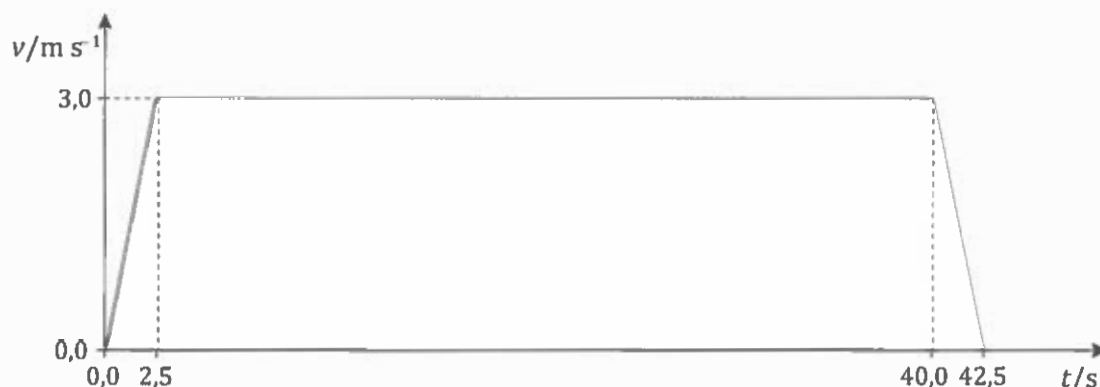


Calcule, no percurso considerado, a intensidade da resultante das forças não conservativas que atuam no conjunto *ciclista + bicicleta*, na direção do deslocamento. Admita que essa resultante se mantém constante.

Apresente todas as etapas de resolução.

22. Um arranha-céus tem uma plataforma panorâmica, à qual se acede de elevador.

A figura representa o módulo da velocidade,  $v$ , da cabina desse elevador, em função do tempo,  $t$ , desde o instante em que a cabina parte da base do edifício até ao instante em que atinge a plataforma.



- 22.1. A força gravítica que atua na cabina realiza um trabalho \_\_\_\_\_ no intervalo de tempo  $[0,0; 2,5]$  s e um trabalho \_\_\_\_\_ no intervalo de tempo  $[40,0; 42,5]$  s.
- (A) positivo ... positivo                      (B) positivo ... negativo  
(C) negativo ... positivo                      (D) negativo ... negativo
- 22.2. Conclua se há, ou não, conservação da energia mecânica do sistema *cabina + Terra* no intervalo de tempo  $[2,5; 40,0]$  s. Apresente, sem efetuar cálculos, a fundamentação que lhe permite obter aquela conclusão.
- 22.3. A soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas que atuam na cabina é
- (A) nula no intervalo de tempo  $[0,0; 2,5]$  s.  
(B) nula no intervalo de tempo  $[2,5; 40,0]$  s.  
(C) negativa no intervalo de tempo  $[0,0; 2,5]$  s.  
(D) positiva no intervalo de tempo  $[2,5; 40,0]$  s.
- 22.4. Considere um ocupante da cabina do elevador, de massa 80 kg.
- Determine a variação da energia potencial gravítica do sistema *ocupante + Terra* entre a base do edifício e a plataforma panorâmica.
- Apresente todas as etapas de resolução.

23. Considere dois conjuntos, A e B, ambos constituídos por um ciclista e pela respetiva bicicleta. Estes conjuntos movem-se numa pista horizontal.

Admita que cada conjunto pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

- 23.1. O trabalho realizado pelo peso do conjunto A, num percurso nessa pista,

- (A) é nulo, porque o peso do conjunto é perpendicular ao deslocamento efetuado.
- (B) será diferente de zero se a energia cinética do conjunto variar.
- (C) é nulo, porque o peso do conjunto é independente do deslocamento efetuado.
- (D) será diferente de zero se a trajetória do conjunto for circular.

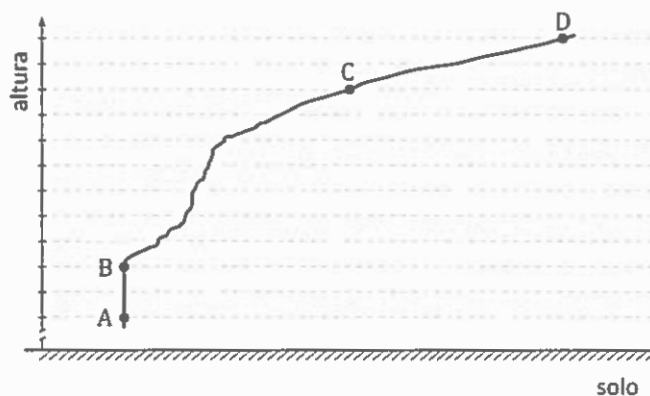
- 23.2. Considere que  $v_A$  representa o módulo da velocidade do conjunto A e que  $v_B$  representa o módulo da velocidade do conjunto B.

Se a massa do conjunto A for  $\frac{3}{4}$  da massa do conjunto B, a energia cinética do conjunto A será igual à energia cinética do conjunto B quando

- (A)  $v_A = \frac{4}{3} v_B$
- (B)  $v_A = \frac{3}{4} v_B$
- (C)  $v_A = \sqrt{\frac{4}{3}} v_B$
- (D)  $v_A = \sqrt{\frac{3}{4}} v_B$

24. A figura representa parte da trajetória de um balão meteorológico que sobe na atmosfera, com velocidade de módulo praticamente constante.

Considere que o balão pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material) e que a variação do módulo da aceleração gravítica com a altura em relação ao solo é desprezável.

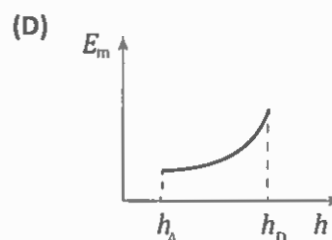
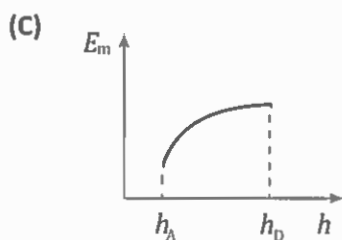
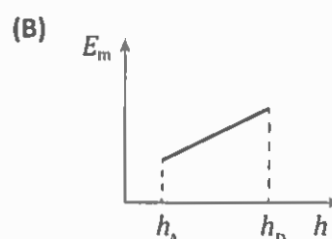
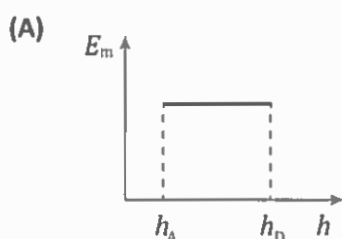




24.1. O trabalho realizado pelo peso do balão entre as posições C e D

- (A) é superior ao trabalho realizado pelo peso do balão entre as posições A e B.  
 (B) é igual ao trabalho realizado pelo peso do balão entre as posições A e B.  
 (C) é independente da massa do balão.  
 (D) depende apenas da massa do balão.

24.2. Qual dos esboços de gráfico seguintes pode representar a energia mecânica,  $E_m$ , do sistema *balão + Terra*, em função da altura,  $h$ , do balão em relação ao solo, entre as posições A e D?



24.3. De acordo com o teorema da energia cinética, o trabalho que seria realizado pela resultante das forças que atuam no balão é igual à variação da energia cinética do balão.

Conclua, com base neste teorema, qual é a intensidade da resultante das forças que atuam no balão, no deslocamento entre as posições A e B.

Apresente num texto a fundamentação da conclusão solicitada.

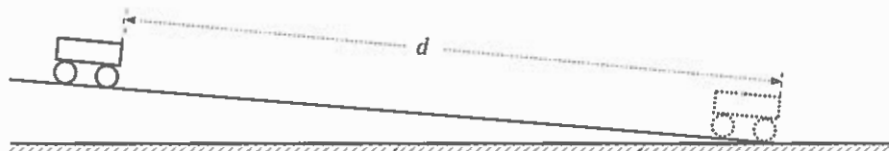
24.4. Admita que o balão, de massa 600 g, movendo-se com uma velocidade de módulo  $5,8 \text{ m s}^{-1}$ , demora 45 s a deslocar-se da posição A até à posição B.

Calcule a soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas que atuam no balão entre as posições A e B.

Apresente todas as etapas de resolução.

Nota: item com conteúdos de Física de 11.º ano (Mecânica)

25. Para investigar como varia a energia cinética de um corpo com a distância percorrida sobre um plano inclinado, um grupo de alunos montou uma prancha flexível, de modo que uma parte formasse uma rampa com uma certa inclinação em relação à horizontal, como está representado na figura. Os alunos abandonaram um carrinho, de massa 457,0 g, em diversos pontos da rampa, medindo, em cada caso, a distância,  $d$ , percorrida até ao final da rampa e o valor da velocidade,  $v$ , com que o carrinho aí chegava.



- 25.1. Em três ensaios, realizados nas mesmas condições, os alunos mediram, com um sensor, os valores da velocidade,  $v$ , que se encontram registados na tabela seguinte.

Ensaio	$v / \text{m s}^{-1}$
1	0,846
2	0,853
3	0,842

Obtenha o resultado da medição da velocidade.

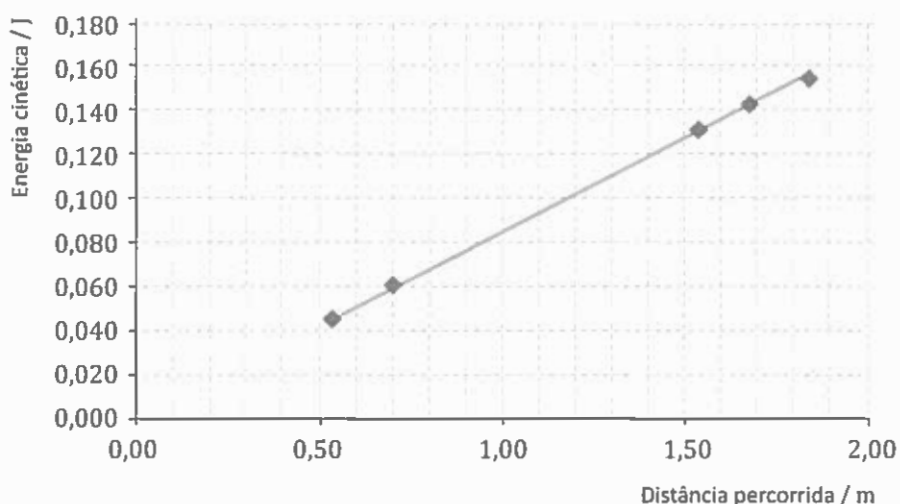
Exprima esse resultado em função do valor mais provável e da incerteza absoluta.

Apresente todas as etapas de resolução.

- 25.2. Admita que era pedido aos alunos que determinassem o valor da velocidade,  $v$ , do carrinho no final da rampa, não com um sensor, mas tendo que utilizar obrigatoriamente um cronómetro e uma fita métrica.

Descreva uma metodologia adequada à tarefa pedida aos alunos, explicitando os passos necessários àquela determinação.

- 25.3. Na figura seguinte, está representado o gráfico da energia cinética do carrinho no final da rampa, para diversos valores da distância percorrida,  $d$ .



O módulo da velocidade,  $v$ , em metro por segundo ( $\text{m s}^{-1}$ ), com que o carrinho chegará ao final da rampa, se, sobre esta, percorrer 2,00 m, pode ser calculado pela expressão

(A)  $v = \sqrt{\frac{2 \times 0,170}{0,4570}} \text{ m s}^{-1}$

(B)  $v = \sqrt{\frac{2 \times 0,180}{0,4570}} \text{ m s}^{-1}$

(C)  $v = \sqrt{\frac{0,4570 \times 0,180}{2}} \text{ m s}^{-1}$

(D)  $v = \sqrt{\frac{0,4570 \times 0,170}{2}} \text{ m s}^{-1}$

26. Com o objetivo de investigar a dissipação de energia em colisões de bolas com o solo, um grupo de alunos realizou uma atividade laboratorial, na qual deixou cair bolas de diferentes elasticidades.

A tabela seguinte apresenta a altura máxima atingida por uma dessas bolas, após o primeiro ressalto no solo, em três ensaios consecutivos, nos quais a bola foi abandonada sempre de uma mesma altura.

Ensaio	Altura máxima atingida após o primeiro ressalto / m
1.º	0,52
2.º	0,52
3.º	0,54

Apresente o resultado da medição da altura máxima atingida pela bola, após o primeiro ressalto, em função do valor mais provável e da incerteza relativa (em percentagem).

Apresente todas as etapas de resolução.

---

**SUBDOMÍNIO**  
**Energia, fenómenos**  
**térmicos e radiação**

---

1. Um dos principais argumentos usados para desvalorizar a energia fotovoltaica é que ela nunca será suficiente para satisfazer as necessidades humanas.

Se fizermos alguns cálculos, concluiremos que, ao nível da órbita da Terra, a irradiância solar é de  $1367 \text{ W m}^{-2}$ , a chamada constante solar. Mas, se descermos à superfície da Terra, há dia e há noite, há atmosfera, há nuvens e os raios solares vão variando a sua inclinação ao longo do dia, situação que é diferente de região para região.

Portugal situa-se numa posição muito favorável: é o país da Europa continental com maior irradiância solar média –  $1500 \text{ kW h m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$ . Tomando este valor e uma eficiência de conversão de 15%, possível com a tecnologia atual, chegamos a uma área necessária de cerca de  $200 \text{ km}^2$  – aproximadamente  $20 \text{ m}^2$  por pessoa.

Pondo as coisas desta forma, seria até concebível cobrir toda a nossa necessidade de energia elétrica com painéis solares fotovoltaicos! No entanto, a viabilidade da penetração da energia fotovoltaica, em larga escala, no mercado da energia, depende da evolução das tecnologias e da produção em massa, que permitam reduzir o seu preço.

A. Vallera, *Energia Solar Fotovoltaica*, Gazeta de Física, 1-2, 2006 (adaptado)

- 1.1. Qual é a aplicação da energia da radiação solar a que se refere o texto?

- 1.2. A irradiância solar média, em Portugal, expressa em  $\text{W m}^{-2}$ , pode ser calculada a partir da expressão

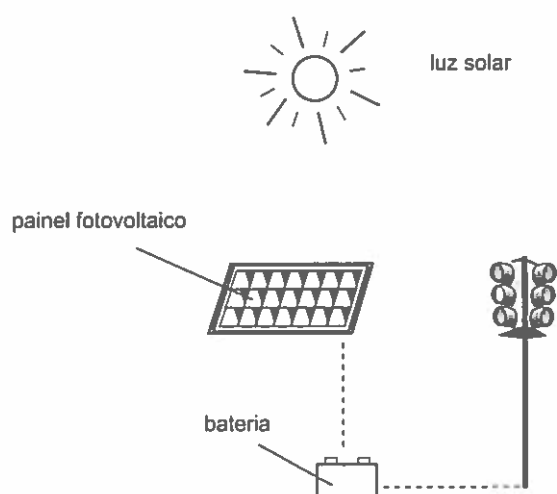
(A)  $\frac{365 \times 24 \times 3600}{1500 \times 3,6 \times 10^6} \text{ W m}^{-2}$

(B)  $\frac{365 \times 24}{1500 \times 3,6 \times 10^6} \text{ W m}^{-2}$

(C)  $\frac{1500 \times 3,6 \times 10^6}{365 \times 24 \times 3600} \text{ W m}^{-2}$

(D)  $\frac{1500 \times 3600}{3,6 \times 10^6 \times 365 \times 24} \text{ W m}^{-2}$

2. Pretende-se instalar um painel fotovoltaico para carregar a bateria que alimenta o circuito elétrico do semáforo representado na figura.



- 2.1. Considere que uma célula fotovoltaica com a área de  $1,00 \times 10^{-2} \text{ m}^2$  fornece, em média, durante um dia, a energia de  $3,89 \times 10^4 \text{ J}$ .

Admitindo que a potência consumida pelo semáforo é  $5,0 \times 10^2 \text{ W}$ , funcionando este 24 horas por dia, e que o rendimento da bateria é 50%, calcule a área de painel fotovoltaico necessária para alimentar o circuito elétrico do semáforo.

Apresente todas as etapas de resolução.

- 2.2. O rendimento médio do painel fotovoltaico \_\_\_\_\_ da sua orientação relativamente aos pontos cardeais e \_\_\_\_\_ da sua inclinação.

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

3. Nas autoestradas, os telefones dos postos SOS são alimentados com painéis fotovoltaicos.

Considere um painel fotovoltaico, de área  $0,50 \text{ m}^2$  e de rendimento médio 10%, colocado num local onde a irradiância solar média é  $600 \text{ W m}^{-2}$ .

A potência útil desse painel, expressa em W, pode ser calculada a partir da expressão

- (A)  $(600 \times 0,50 \times 10) \text{ W}$                   (B)  $\left(\frac{600 \times 10}{0,50}\right) \text{ W}$   
(C)  $\left(\frac{600 \times 0,50}{0,10}\right) \text{ W}$                           (D)  $(600 \times 0,50 \times 0,10) \text{ W}$

4. Os satélites estão, geralmente, equipados com painéis fotovoltaicos, que produzem energia elétrica para o funcionamento dos sistemas de bordo.

Considere que a irradiância solar média, ao nível da órbita de um satélite, é  $1,3 \times 10^3 \text{ W m}^{-2}$ .

- 4.1. Para que a irradiância solar média num painel colocado nesse satélite seja  $1,3 \times 10^3 \text{ W m}^{-2}$ , esse painel terá de estar orientado segundo um plano

- (A) perpendicular à direção da radiação incidente, e poderá ter uma área diferente de  $1 \text{ m}^2$ .  
(B) perpendicular à direção da radiação incidente, e terá que ter uma área de  $1 \text{ m}^2$ .  
(C) paralelo à direção da radiação incidente, e terá que ter uma área de  $1 \text{ m}^2$ .  
(D) paralelo à direção da radiação incidente, e poderá ter uma área diferente de  $1 \text{ m}^2$ .

- 4.2. Admita que o satélite está equipado com um conjunto de painéis fotovoltaicos, adequadamente orientados, de rendimento médio 20% e de área total  $12 \text{ m}^2$ .

Determine a energia elétrica média, em quilowatt-hora (kW h), produzida por aquele conjunto de painéis fotovoltaicos durante um dia.

Apresente todas as etapas de resolução.

5. Os satélites artificiais da Terra estão geralmente equipados com painéis fotovoltaicos que se orientam segundo uma direção perpendicular à da radiação solar.

Considere que a potência média da radiação solar por unidade de área, ao nível da órbita de um satélite, é  $1,3 \times 10^3 \text{ W m}^{-2}$  e que um conjunto de painéis fotovoltaicos, de área  $12 \text{ m}^2$ , instalado no satélite, tem um rendimento médio de 20%.

Qual das expressões seguintes permite calcular, em kW h, a energia fornecida ao satélite por esse conjunto de painéis em 6 horas de funcionamento?

(A)  $(0,20 \times 1,3 \times 12 \times 6) \text{ kW h}$

(B)  $\left(\frac{1,3 \times 12 \times 6}{0,20}\right) \text{ kW h}$

(C)  $(0,20 \times 1,3 \times 10^3 \times 12 \times 6) \text{ kW h}$

(D)  $\left(\frac{1,3 \times 10^3 \times 12 \times 6}{0,20}\right) \text{ kW h}$

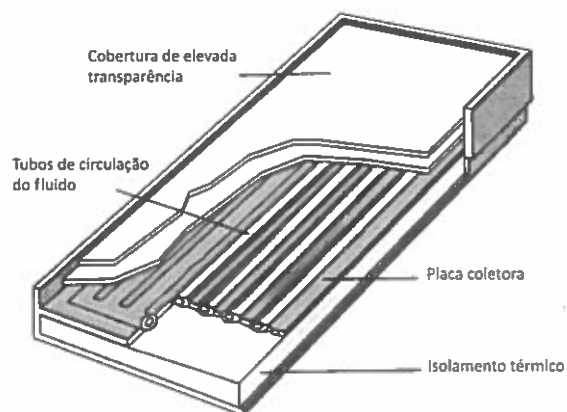
6. O conjunto de painéis fotovoltaicos instalado num edifício tem uma área total de  $160 \text{ m}^2$  e uma potência média de 3,7 kW.

A energia média diária da radiação incidente em cada  $1,0 \text{ m}^2$  de painel é 5,0 kW h.

Calcule o rendimento médio do conjunto de painéis fotovoltaicos.

Apresente todas as etapas de resolução.

7. Os coletores solares permitem aproveitar a radiação solar para aquecer um fluido que circula no interior de tubos metálicos. Para uma maior eficiência, esses tubos estão em contacto com uma placa coletora, como representado na figura.



- 7.1. Apresente a razão pela qual a placa coletora é, normalmente, metálica e a razão pela qual é de cor negra.

- 7.2. Um fabricante de componentes de coletores solares testou dois materiais diferentes – cobre e aço inoxidável. Forneceu a mesma quantidade de energia a uma placa de cobre e a uma placa de aço inoxidável, de igual massa e de espessura idêntica, colocadas sobre suportes isoladores. Verificou que a placa de cobre sofreu uma elevação de temperatura superior à da placa de aço.

Esse teste permitiu concluir que a \_\_\_\_\_ do cobre é \_\_\_\_\_ à do aço.

- (A) condutividade térmica ... superior      (B) condutividade térmica ... inferior  
(C) capacidade térmica mássica ... inferior      (D) capacidade térmica mássica ... superior

- 7.3. Pretende-se instalar um sistema de coletores solares, com rendimento de 40%, para aquecimento de água, numa habitação que consome, em média, nesse aquecimento, 8,8 kW h por dia.

Determine a área de coletores a ser instalada, admitindo que estes vão ser colocados numa posição em que a energia da radiação incidente na sua superfície é, em média,  $3,6 \times 10^9$  J, por ano e por  $m^2$  de área de coletores.

Apresente todas as etapas de resolução.

8. Pretende-se instalar um sistema solar térmico com coletores orientados de modo que neles incida, por cada metro quadrado ( $m^2$ ), radiação de energia média diária de  $1,0 \times 10^7$  J. O sistema, com um rendimento médio de 35%, destina-se a aquecer 300 kg de água.

Calcule a área de coletores que deve ser instalada, caso se pretenda que o aumento médio diário da temperatura da água seja 40 °C.

Apresente todas as etapas de resolução.

9. Uma lata contendo um refrigerante foi exposta à luz solar até ficar em equilíbrio térmico com a sua vizinhança.

- 9.1. Quando o sistema *lata + refrigerante* ficou em equilíbrio térmico com a sua vizinhança, a temperatura média do sistema passou a ser constante.

Estabelecido o equilíbrio térmico, o sistema

- (A) deixou de absorver energia do exterior.
- (B) deixou de trocar energia com o exterior.
- (C) passou a emitir e a absorver energia à mesma taxa temporal.
- (D) passou a emitir e a absorver energia a taxas temporais diferentes.

- 9.2. A lata continha 0,34 kg de um refrigerante de capacidade térmica mássica  $4,2 \times 10^3$  J  $kg^{-1}$  °C $^{-1}$ . Considere que a área da superfície da lata exposta à luz solar era  $1,4 \times 10^2$  cm $^2$  e que a irradiância solar média era  $6,0 \times 10^2$  W m $^{-2}$ .

Verificou-se que, ao fim de 90 min de exposição, a temperatura do refrigerante tinha aumentado 16,5 °C.

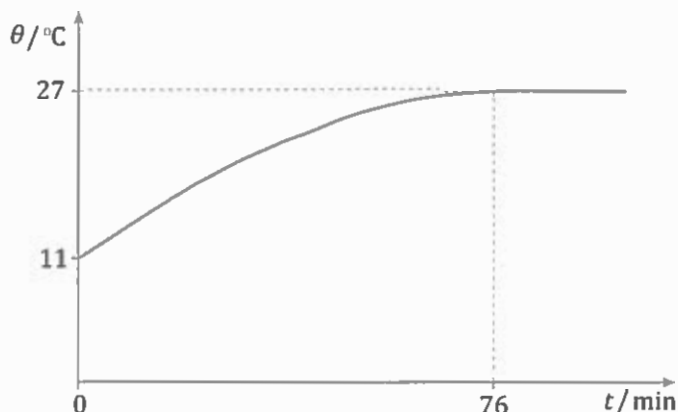
Determine a percentagem da energia incidente na área da superfície da lata exposta à luz solar que terá contribuído para o aumento da energia interna do refrigerante, no intervalo de tempo considerado.

Apresente todas as etapas de resolução.



10. Uma lata contendo uma amostra de um refrigerante sem gás foi exposta à luz solar.

Na figura, está representado o gráfico da temperatura,  $\theta$ , da amostra em função do tempo,  $t$ , de exposição da lata à luz solar, no intervalo de tempo em que os dados foram registados.



- 10.1. Considere que a capacidade térmica mássica do refrigerante é  $4,2 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  e que a massa da amostra é 0,34 kg.

Qual foi a variação da energia interna da amostra, no intervalo de tempo  $[0; 76]$  min?

- 10.2. Admita que a potência da radiação incidente na superfície da lata se manteve constante no intervalo de tempo em que os dados foram registados.

No intervalo de tempo  $[0; 76]$  min, terá ocorrido uma diminuição

- (A) da taxa temporal de absorção de energia pela superfície da lata.  
 (B) da taxa temporal de emissão de energia pela superfície da lata.  
 (C) da diferença entre as taxas temporais de absorção e de emissão de energia pela superfície da lata.  
 (D) da soma das taxas temporais de absorção e de emissão de energia pela superfície da lata.
- 10.3. Considere a amostra do refrigerante, de massa 0,34 kg e à temperatura de  $27^\circ\text{C}$ , e uma outra amostra do mesmo refrigerante, de massa 0,20 kg e à temperatura de  $5^\circ\text{C}$ .

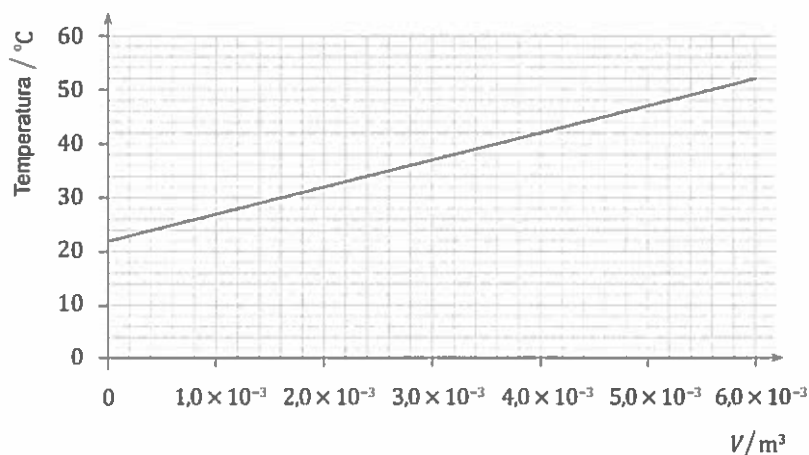
Admita que estas amostras foram misturadas num recipiente termicamente isolado e que a transferência de energia entre a mistura e o recipiente foi desprezável.

Qual das expressões seguintes permite calcular a temperatura,  $\theta_e$ , à qual a mistura atingiu o equilíbrio térmico?

- (A)  $(0,34 + 0,20) \times (\theta_e - 27) = (0,34 + 0,20) \times (\theta_e - 5)$   
 (B)  $0,34 \times (\theta_e - 27) = 0,20 \times (\theta_e - 5)$   
 (C)  $(0,34 + 0,20) \times (\theta_e - 27) = -(0,34 + 0,20) \times (\theta_e - 5)$   
 (D)  $0,34 \times (\theta_e - 27) = -0,20 \times (\theta_e - 5)$

11. Procedeu-se ao aquecimento de 0,800 kg de água, usando como combustível gás natural, que, por cada metro cúbico ( $\text{m}^3$ ) consumido, fornece uma energia de  $4,0 \times 10^7 \text{ J}$ .

A figura apresenta o gráfico da temperatura dessa amostra de água em função do volume,  $V$ , de gás natural consumido.

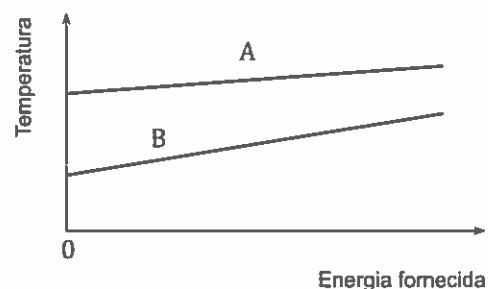


Determine o rendimento do processo de aquecimento dessa amostra de água.

Apresente todas as etapas de resolução.

12. A figura representa o esboço do gráfico da temperatura de duas amostras de água, A e B, aquecidas nas mesmas condições, em função da energia que lhes foi fornecida.

Comparando as \_\_\_\_\_ das amostras A e B, podemos concluir que a massa da amostra A é \_\_\_\_\_ à massa da amostra B.



- (A) temperaturas finais ... superior
- (B) temperaturas finais ... inferior
- (C) variações de temperatura ... superior
- (D) variações de temperatura ... inferior

13. Nem o calor nem o trabalho são formas de energia. O calor é a energia que se transfere entre corpos, como resultado de uma diferença de temperatura entre eles, fluindo a energia do corpo que se encontra a temperatura mais elevada para o corpo que se encontra a temperatura mais baixa. Antes dessa transferência, não existe calor armazenado na fonte, nem passa a existir calor acumulado no recetor após a transferência. Mas há energia armazenada na fonte antes da transferência, e a energia do recetor passa a ser mais elevada após a transferência – por exemplo, se o recetor for gelo, parte dele pode fundir-se.

Peter Atkins, *O Dedo de Galileu*, 1.ª ed., Lisboa, Gradiva, 2007, pp. 135-136 (adaptado)

13.1. O calor

- (A) é uma forma de energia interna.  
(B) é uma propriedade que depende da temperatura a que um corpo se encontra.  
(C) é um fluido que pode ser transferido de um corpo para outro.  
(D) é uma energia transferida.

- 13.2. Considere um sistema fechado que cedeu 400 J, como calor, tendo sido sobre ele realizado um trabalho de 300 J.

Qual foi a variação da energia interna do sistema?

- 13.3. Numa experiência, forneceu-se uma energia de 92,0 kJ a 400 g de gelo, inicialmente a  $-10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Admita que toda a energia fornecida contribuiu para o aumento da energia interna do gelo e que não houve outras trocas de energia entre o gelo e o exterior.

A energia necessária à fusão de 1,0 kg de gelo é  $3,34 \times 10^5\text{ J}$  e o ponto de fusão da água, nas condições da experiência, é  $0,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

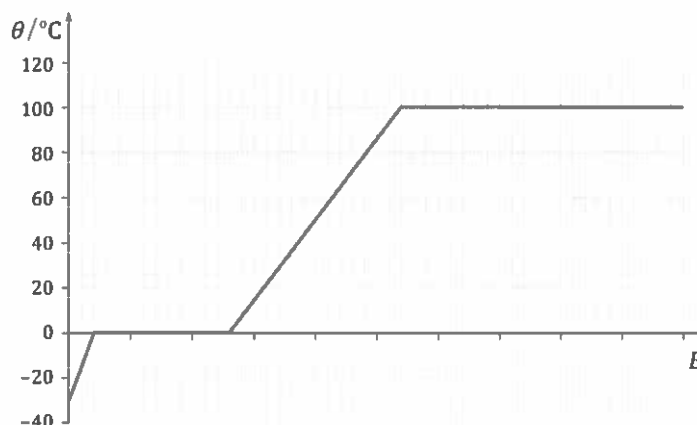
Calcule a massa de gelo que não se fundiu.

Apresente todas as etapas de resolução.

$$c_{\text{gelo}} \text{ (capacidade térmica mássica do gelo)} = 2,11 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$$

14. A água é a única substância que coexiste na Terra nas três fases (sólida, líquida e gasosa).

14.1. A figura representa o gráfico teórico que traduz o modo como varia a temperatura,  $\theta$ , de uma amostra de água, inicialmente em fase sólida, em função da energia fornecida,  $E$ , à pressão de 1 atm.



Indique, justificando com base no gráfico, em que fase (sólida ou líquida) a água apresenta maior capacidade térmica mássica.

14.2. Considere duas amostras de água, A e B, de massas respetivamente iguais a  $m_A$  e a  $2m_A$ , às quais foi fornecida a mesma quantidade de energia.

Sendo  $\Delta T_A$  e  $\Delta T_B$  as variações de temperatura sofridas pelas amostras A e B,  $\Delta T_B$  será igual a

- (A)  $2\Delta T_A$ .                      (B)  $\Delta T_A$ .                      (C)  $-2\Delta T_A$ .                      (D)  $\frac{1}{2}\Delta T_A$ .

14.3. A capacidade térmica mássica do azeite é cerca de metade da capacidade térmica mássica da água.

Se for fornecida a mesma energia a uma amostra de 200 g de azeite e a uma amostra de 100 g de água, a variação de temperatura da amostra de azeite será, aproximadamente,

- (A) igual à variação de temperatura da amostra de água.  
(B) o dobro da variação de temperatura da amostra de água.  
(C) metade da variação de temperatura da amostra de água.  
(D) um quarto da variação de temperatura da amostra de água.

15. Considere amostras puras de gelo fragmentado, à pressão de 1 atm e à temperatura de fusão (0,0 °C).

15.1. Admita que uma dessas amostras de gelo se encontrava inicialmente a  $-10$  °C.

Qual foi a variação de temperatura, expressa em kelvin, dessa amostra, até ficar à temperatura de fusão?

- (A) 283 K                      (B) 263 K                      (C)  $-10$  K                      (D) 10 K

15.2. Enquanto uma pequena amostra de gelo se funde, a sua energia interna

- (A) mantém-se constante, porque a sua temperatura se mantém constante.  
(B) aumenta, porque a sua temperatura aumenta.  
(C) mantém-se constante, apesar de a sua temperatura aumentar.  
(D) aumenta, apesar de a sua temperatura se manter constante.

15.3. Num recipiente, introduz-se uma amostra de 150 g de gelo, à temperatura de 0,0 °C, e uma amostra de água, à temperatura de 20,0 °C.

15.3.1. Determine a massa mínima de água, a 20,0 °C, que será necessário adicionar à amostra de gelo para que esta apenas se funda, ficando a mistura em equilíbrio térmico à temperatura de 0,0 °C. Admita que não há trocas de energia entre a mistura obtida e a sua vizinhança.

A energia necessária à fusão de 1,0 kg de gelo é  $3,34 \times 10^5$  J.

Apresente todas as etapas de resolução.

15.3.2. Para que a amostra de água adicionada ao gelo ficasse à temperatura de 20,0 °C, forneceu-se-lhe energia com uma fonte de 250 W, durante 1,5 minutos. Neste processo, a energia interna da água aumentou  $1,4 \times 10^4$  J.

Qual foi o rendimento do processo de aquecimento da água?

- (A) 37%  
(B) 62%  
(C) 2,7%  
(D) 70%

16. A água é uma substância vital para qualquer organismo vivo. Mas é também uma substância extraordinária, pois as propriedades que a caracterizam apresentam valores, em geral, muito diferentes dos que seriam de esperar.

Consideremos, por exemplo, o calor de vaporização da água. Verifica-se que é relativamente elevado, o que é bom, porque, assim, a água constitui um meio eficiente de arrefecimento do nosso corpo, por evaporação, quando transpiramos.

Mas quão elevado é o calor de vaporização da água? Se aquecermos uma determinada massa de água, inicialmente a 0 °C, poderá demorar, por exemplo, 5 minutos a atingir o ponto de ebulição. Se continuarmos a fornecer energia, à mesma taxa temporal, a essa mesma massa de água, demorará cerca de 20 minutos até que toda a água se vaporize completamente.

Isto significa que vaporizar uma determinada massa de água consome cerca de quatro vezes mais energia do que aquecer a mesma massa de água de 0 °C até 100 °C, para o que apenas (!) são necessários 420 kJ por quilograma de água.

L. J. F. Hermans, *Europhysics News*, 43 (2), 13 (2012)  
(traduzido e adaptado)

- 16.1. Indique, com dois algarismos significativos, a variação de entalpia de vaporização da água, a partir da informação dada no texto.

- 16.2. Utilizou-se uma resistência de aquecimento, com uma potência de 250 W, para aquecer uma amostra de água de massa 500 g, inicialmente a 20 °C. Verificou-se que, ao fim de 5,0 min de aquecimento, a temperatura da amostra era 41 °C.

Determine o rendimento do processo de aquecimento da amostra de água.

Utilize o valor da capacidade térmica mássica da água que pode ser determinado a partir da informação dada no texto.

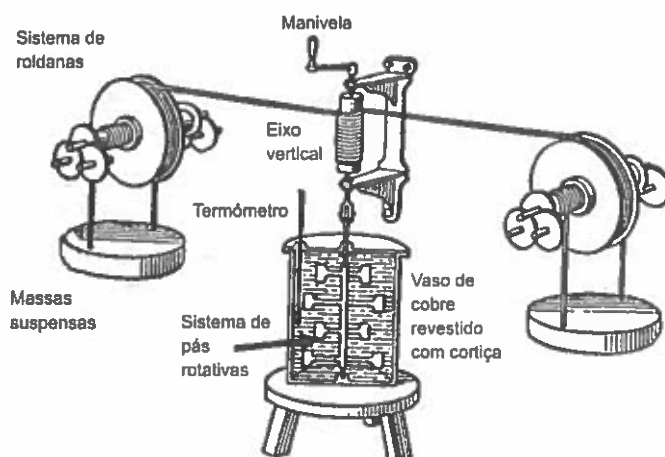
Apresente todas as etapas de resolução.

17. Considere diversas amostras puras de líquidos, todas inicialmente a 50 °C, que sofrem um processo de arrefecimento até atingirem a temperatura ambiente.

A energia cedida por cada uma dessas amostras será tanto maior quanto

- (A) menor for a massa da amostra e menor for a capacidade térmica mássica do líquido.
- (B) maior for a massa da amostra e maior for a capacidade térmica mássica do líquido.
- (C) maior for a massa da amostra e menor for a capacidade térmica mássica do líquido.
- (D) menor for a massa da amostra e maior for a capacidade térmica mássica do líquido.

18. Um grupo de alunos reproduziu a experiência de Joule, utilizando o dispositivo esquematizado na figura.



Os alunos colocaram 0,50 kg de água no vaso de cobre, montaram as roldanas, colocaram os fios que passam nas golas das roldanas e suspenderam massas marcadas nas extremidades desses fios.

Introduziram um termômetro digital num dos orifícios da tampa do vaso de cobre e ligaram o eixo vertical ao sistema de pás rotativas.

Rodando a manivela, elevaram as massas a uma determinada altura. Soltando a manivela, as massas caíram, fazendo rodar o sistema de pás mergulhado na água, o que provocou o aquecimento desta.

Após repetirem este procedimento várias vezes, verificaram que, para um trabalho realizado pelas massas suspensas de  $7,2 \times 10^2$  J, a temperatura da água aumentou  $0,29$  °C.

- 18.1. Por que motivo o vaso de cobre utilizado na experiência foi revestido com cortiça?
- 18.2. Indique a incerteza de leitura associada à medição da temperatura com o termômetro utilizado pelos alunos.
- 18.3. Calcule o erro relativo, em percentagem, do valor da capacidade térmica mássica da água que pode ser determinado a partir dos resultados experimentais.

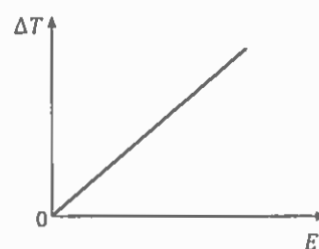
Apresente todas as etapas de resolução.

19. No século XIX, J. P. Joule mostrou que a queda de objetos podia ser aproveitada para aquecer a água contida num recipiente. Contudo, foram os seus estudos quantitativos sobre a energia libertada por um condutor quando atravessado por corrente elétrica, que permitiram o desenvolvimento de alguns sistemas de aquecimento de água, usados atualmente em nossas casas, como as cafeteiras elétricas.

19.1. Nessas cafeteiras a resistência elétrica encontra-se geralmente colocada no fundo.

Indique qual é o mecanismo de transferência de energia como calor que se pretende aproveitar com esta posição da resistência e descreva o modo como esta transferência ocorre.

19.2. A figura representa um esboço do gráfico da variação da temperatura,  $\Delta T$ , de uma amostra de água contida numa cafeteira elétrica, em função da energia,  $E$ , que lhe é fornecida.



Sabendo que essa amostra tem uma massa  $m$  e uma capacidade térmica mássica  $c$ , qual é a expressão que traduz o declive da reta representada na figura?

- (A)  $\frac{c}{m}$       (B)  $mc$       (C)  $\frac{m}{c}$       (D)  $\frac{1}{mc}$

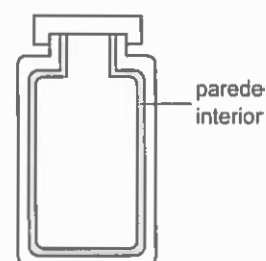
19.3. Utilizou-se uma resistência de aquecimento de 200 W para aquecer uma amostra de 500 g de água, tendo a temperatura da amostra aumentado 27 °C.

Considere que o rendimento do processo de aquecimento foi 70%.

Determine o intervalo de tempo que foi necessário para o aquecimento da amostra de água.

Apresente todas as etapas de resolução.

20. Quando se pretende manter a temperatura de uma amostra de água aproximadamente constante, pode utilizar-se uma garrafa térmica, tal como a representada na figura.



Indique, justificando, duas características que a parede interior da garrafa térmica deve apresentar.

21. Segundo Rómulo de Carvalho (*História dos Balões*, Atlântida, 1959), para fazer subir o primeiro balão, do tipo representado na figura, «os inventores colocaram na boca do balão uma grelha de ferro, sobre a qual dispuseram palha e pedaços de lã, [...] aos quais lançaram fogo», o que permitiu aquecer gradualmente o ar nele contido.



Identifique o principal processo de transferência de energia, como calor, que permite o aquecimento de todo o ar contido no balão e descreva o modo como essa transferência ocorre.



22. À pressão constante de 1 atm, a capacidade térmica mássica do ar é cerca de  $\frac{1}{4}$  da capacidade térmica mássica da água.

Considere uma amostra de ar e uma amostra pura de água, de massas  $m_{\text{ar}}$  e  $2m_{\text{ar}}$ , respetivamente, às quais foi fornecida a mesma energia, como calor, à pressão constante de 1 atm.

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

- (A) duas vezes menor.
  - (B) duas vezes maior.
  - (C) oito vezes menor.
  - (D) oito vezes maior.
23. Quando se liga um aquecedor, estabelecem-se correntes de convecção no ar. Nestas correntes,
- (A) o ar quente, menos denso, sobe e o ar frio, mais denso, desce.
  - (B) o ar quente, mais denso, desce e o ar frio, menos denso, sobe.
  - (C) o ar quente, menos denso, desce e o ar frio, mais denso, sobe.
  - (D) o ar quente, mais denso, sobe e o ar frio, menos denso, desce.
24. Foi realizado um trabalho de 240 J sobre uma amostra de ar, tendo a energia interna da amostra diminuído 500 J.
- No processo termodinâmico considerado, a amostra
- (A) cedeu 260 J, como calor.
  - (B) recebeu 260 J, como calor.
  - (C) cedeu 740 J, como calor.
  - (D) recebeu 740 J, como calor.

25. Numa fábrica, pretende-se escolher um material adequado ao fabrico de um recipiente que, quando colocado sobre uma chama, permita aquecer, rapidamente, um líquido nele contido.

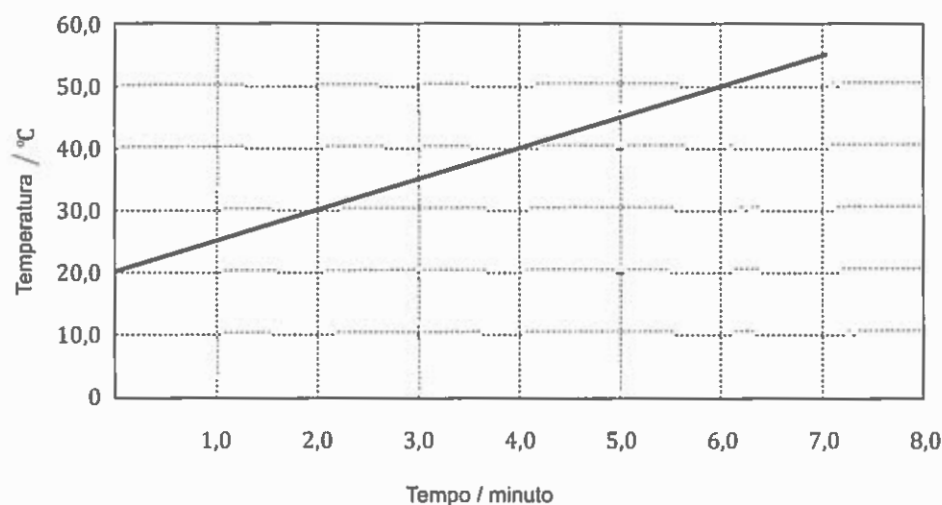
- 25.1. Para fabricar esse recipiente, deve escolher-se um material que tenha
- (A) elevada capacidade térmica mássica e elevada condutividade térmica.
  - (B) elevada capacidade térmica mássica e baixa condutividade térmica.
  - (C) baixa capacidade térmica mássica e elevada condutividade térmica.
  - (D) baixa capacidade térmica mássica e baixa condutividade térmica.

25.2. Para escolher o material a utilizar, realizaram-se diversos ensaios, usando blocos de diversos materiais, de massa 1,30 kg, e uma fonte de aquecimento que fornecia, a cada um desses blocos,  $2,50 \times 10^3$  J em cada minuto.

O gráfico da figura representa o modo como variou a temperatura de um desses blocos, em função do tempo de aquecimento.

Calcule a capacidade térmica mássica do material constituinte desse bloco.

Apresente todas as etapas de resolução.



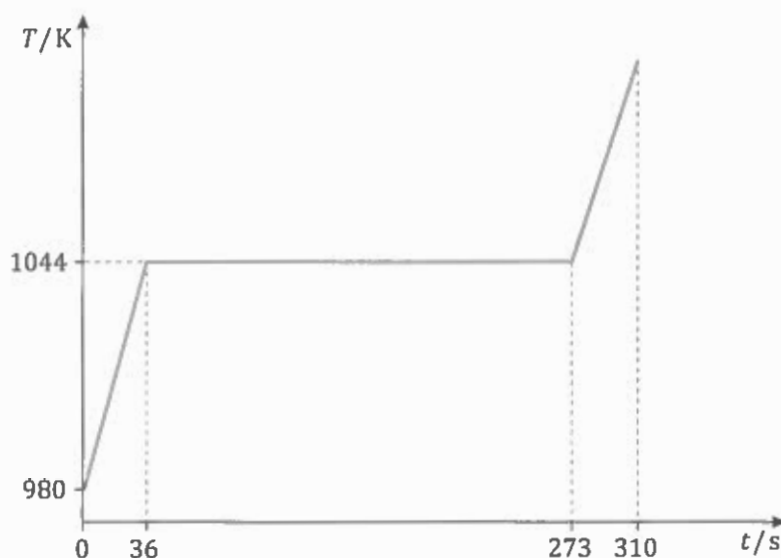
26. Considere uma amostra de um metal que se encontra à temperatura de fusão desse metal e a pressão constante.

Se se pretender calcular a energia necessária para fundir completamente a amostra, as grandezas que devem ser conhecidas são

- (A) a temperatura de fusão do metal e a capacidade térmica mássica do metal.
- (B) a temperatura de fusão do metal e a variação de entalpia de fusão do metal.
- (C) a massa da amostra e a temperatura de fusão do metal.
- (D) a massa da amostra e a variação de entalpia de fusão do metal.

27. Considere uma amostra pura de 200 g de cloreto de potássio, KCl, inicialmente no estado sólido à temperatura de 980 K, à qual é fornecida energia com uma fonte de 300 W.

A figura representa um gráfico teórico da temperatura,  $T$ , dessa amostra em função do tempo,  $t$ . No traçado do gráfico, admitiu-se um rendimento de 100% para o processo de transferência de energia considerado.



- 27.1. Se a potência da fonte fosse maior,
- (A) seria necessária mais energia para a temperatura da amostra aumentar 1 K.
  - (B) seria necessária menos energia para fundir completamente a amostra.
  - (C) a mesma energia seria transferida num intervalo de tempo menor.
  - (D) a mesma energia provocaria um maior aumento da energia interna do sistema.
- 27.2. De acordo com o gráfico, qual será a variação da temperatura da amostra de KCl considerada no intervalo de tempo  $[0; 36]$  s?
- 27.3. Considere os intervalos de tempo  $[0; 36]$  s,  $[36; 273]$  s e  $[273; 310]$  s, e admita que a amostra de KCl constitui um sistema fechado.
- A variação da energia interna do sistema
- (A) é nula apenas em dois dos intervalos de tempo considerados.
  - (B) é nula nos três intervalos de tempo considerados.
  - (C) é diferente de zero apenas em dois dos intervalos de tempo considerados.
  - (D) é diferente de zero nos três intervalos de tempo considerados.
- 27.4. Calcule a energia necessária para fundir 1,0 kg de KCl que se encontra à temperatura de fusão. Apresente todas as etapas de resolução.

27.5. A capacidade térmica mássica do KCl sólido e a capacidade térmica mássica do KCl líquido são semelhantes.

Mostre, com base no gráfico da figura e sem efetuar cálculos, que esta afirmação é verdadeira.

28. Na tabela seguinte, estão registados os valores de algumas propriedades físicas do alumínio.

Ponto de fusão / °C	660
Capacidade térmica mássica (a 25 °C) / J kg <sup>-1</sup> °C <sup>-1</sup>	897
Varição de entalpia de fusão / J kg <sup>-1</sup>	4,0 × 10 <sup>5</sup>

Considere que uma barra de alumínio, de massa 700 g e, inicialmente, a 25,0 °C, é aquecida.

28.1. Que energia é necessário fornecer à barra, para que a sua temperatura aumente de 25,0 °C para 27,0 °C ?

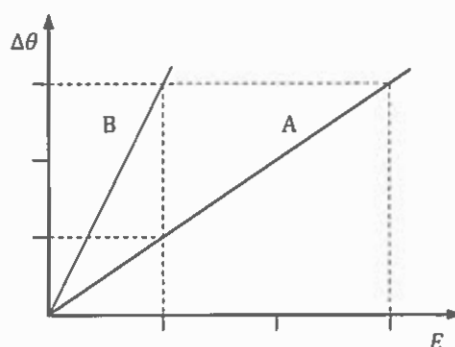
- (A)  $(2,0 \times 897)$  J      (B)  $(1,4 \times 897)$  J      (C)  $\left(\frac{897}{2,0}\right)$  J      (D)  $\left(\frac{897}{1,4}\right)$  J

28.2. Admita que é transferida energia para a barra de alumínio considerada a uma taxa temporal constante de 1,1 kW.

Determine o tempo que a barra demora a fundir completamente, a partir do instante em que atinge a temperatura de 660 °C, admitindo que a totalidade da energia transferida contribui para o aumento da energia interna da barra.

Apresente todas as etapas de resolução.

29. O gráfico da figura representa a variação de temperatura,  $\Delta\theta$ , de duas esferas de cobre A e B, em função da energia,  $E$ , fornecida a cada esfera.



A relação entre as massas das duas esferas,  $m_A$  e  $m_B$ , pode ser traduzida pela expressão

- (A)  $m_A = 2 m_B$   
 (B)  $m_A = \frac{1}{2} m_B$   
 (C)  $m_A = 3 m_B$   
 (D)  $m_A = \frac{1}{3} m_B$

30. A placa de cobre, maciça e homogénea, de espessura  $\ell$ , representada na figura, permite a dissipação de energia de uma fonte quente (placa metálica X), mantida a uma temperatura constante,  $T_X$ , para uma fonte fria (placa metálica Y), mantida a uma temperatura constante,  $T_Y$ .



- 30.1. Identifique o mecanismo de transferência de energia como calor entre as placas X e Y, através da placa de cobre.
- 30.2. Identifique a propriedade física que permite distinguir bons e maus condutores de calor.
31. Uma mesa tem um tampo de madeira e pernas metálicas.  
Se colocarmos uma mão na madeira e a outra no metal, sentiremos mais frio na mão que está a tocar no metal.  
Isso acontece porque
- (A) o metal se encontra a uma temperatura inferior à da madeira.
  - (B) a capacidade térmica mássica do metal é superior à da madeira.
  - (C) a madeira tem uma densidade inferior à do metal.
  - (D) a condutividade térmica do metal é superior à da madeira.
32. A construção de paredes duplas, separadas por um material que promova o isolamento térmico, contribui para melhorar o comportamento térmico dos edifícios.  
Um material que promova um bom isolamento térmico terá
- (A) baixa capacidade térmica mássica.
  - (B) elevada capacidade térmica mássica.
  - (C) baixa condutividade térmica.
  - (D) elevada condutividade térmica.

- 33.** Um crescente número de pessoas procura as saunas por razões de saúde, de lazer e de bem-estar.
- 33.1.** Numa sauna, a temperatura constante, uma pessoa sentada num banco de madeira encosta-se a um prego de ferro mal cravado na parede. Essa pessoa tem a sensação de que o prego está mais quente do que a madeira, e esta está mais quente do que o ar.
- Selecione a opção que traduz a situação descrita.
- (A) A temperatura do prego de ferro é superior à temperatura da madeira.
- (B) O ar é melhor condutor térmico do que a madeira.
- (C) A temperatura do ar é superior à temperatura da madeira.
- (D) O ferro é melhor condutor térmico do que a madeira.
- 33.2.** Identifique o principal processo de transferência de energia, que permite o aquecimento rápido de todo o ar da sauna, quando se liga um aquecedor apropriado.
- 34.** Numa aula laboratorial, um grupo de alunos montou um circuito elétrico, constituído por um painel fotovoltaico, um reóstato e aparelhos de medida adequados. Fazendo incidir no painel a radiação proveniente de uma lâmpada, os alunos realizaram as medições necessárias para determinarem a potência fornecida ao circuito,  $P$ , em função da resistência introduzida pelo reóstato.
- 34.1.** Para poderem determinar o valor da potência fornecida ao circuito, os alunos mediram a diferença de potencial nos terminais do painel fotovoltaico e
- (A) a temperatura do painel.
- (B) a corrente elétrica no circuito.
- (C) o intervalo de tempo durante o qual o painel esteve ligado.
- (D) a resistência introduzida pelo reóstato.
- 34.2.** Ao longo da experiência, os alunos usaram sempre a mesma lâmpada e mantiveram fixa a inclinação do painel em relação à direção da radiação incidente. Tiveram ainda um outro cuidado relacionado com o posicionamento da lâmpada.
- Identifique esse outro cuidado e apresente uma razão que o justifique.

- 34.3. Posteriormente, os alunos repetiram a experiência, mantendo fixo o valor da resistência introduzida pelo reóstato, mas variando a inclinação do painel em relação à direção da radiação incidente.

Na tabela seguinte, encontram-se registados os valores experimentais de potência,  $P$ , fornecida ao circuito pelo painel fotovoltaico, para os diversos ângulos,  $\alpha$ , definidos pela direção em que se encontrava o painel e pela direção da radiação incidente.

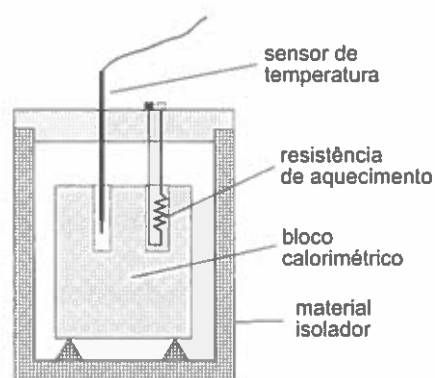
$\alpha / ^\circ$	$P / W$
90	$1,41 \times 10^{-2}$
80	$1,39 \times 10^{-2}$
70	$1,37 \times 10^{-2}$
60	$1,07 \times 10^{-2}$
50	$7,88 \times 10^{-3}$

O que se pode concluir a partir destes resultados experimentais?

35. Com o objetivo de determinar a capacidade térmica mássica do cobre e do alumínio, um grupo de alunos utilizou sucessivamente blocos calorimétricos desses metais, numa montagem semelhante à representada na figura.

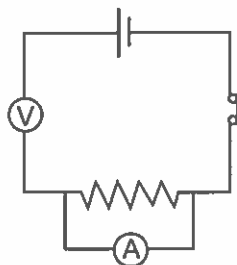
Os alunos começaram por introduzir um sensor de temperatura, ligado a um sistema de aquisição de dados, num dos orifícios de um desses blocos calorimétricos e uma resistência de aquecimento no outro orifício.

Tiveram, ainda, o cuidado de proceder de modo a otimizar o contacto térmico do bloco, quer com o sensor, quer com a resistência, e a minimizar a taxa de dissipação de energia do bloco. Seguidamente, os alunos montaram um circuito elétrico, ligando a resistência de aquecimento a uma fonte de alimentação, a um voltímetro, a um amperímetro e a um interruptor.

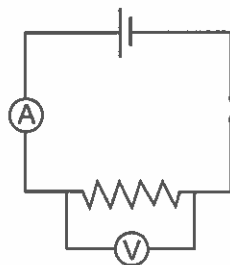


35.1. Qual dos esquemas seguintes pode representar o circuito elétrico montado pelos alunos?

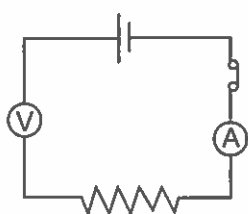
(A)



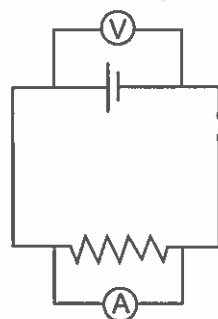
(B)



(C)



(D)



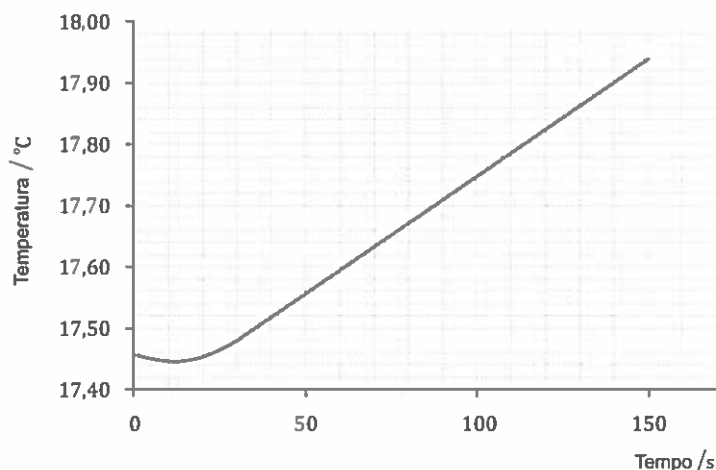
35.2. Os alunos ligaram o interruptor do circuito elétrico e iniciaram, simultaneamente, o registo da temperatura do bloco de cobre em função do tempo.

35.2.1. Identifique uma das grandezas que os alunos tiveram de medir para calcularem a potência dissipada pela resistência de aquecimento.



**35.2.2.** A potência dissipada pela resistência de aquecimento na experiência realizada foi 1,58 W.

A figura seguinte apresenta o gráfico da temperatura do bloco de cobre, de massa 1,00 kg, em função do tempo.

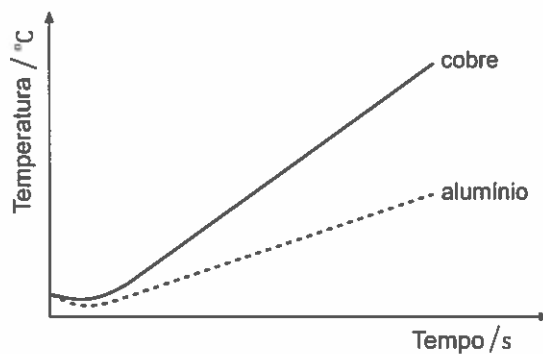


Determine, a partir dos resultados da experiência, o valor da capacidade térmica mássica do cobre.

Apresente todas as etapas de resolução.

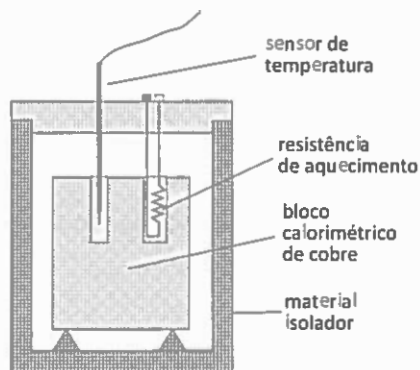
**35.3.** Seguidamente, os alunos repetiram a experiência, nas mesmas condições, substituindo apenas o bloco de cobre por outro de alumínio, aproximadamente com a mesma massa.

A figura ao lado apresenta o esboço dos gráficos da temperatura de cada um dos blocos, em função do tempo.



Conclua, justificando, qual dos dois metais, cobre ou alumínio, terá maior capacidade térmica mássica.

36. A figura representa parte de uma montagem utilizada na determinação experimental da capacidade térmica mássica do cobre. Nessa montagem, o sensor de temperatura estava ligado a um sistema de aquisição de dados, e a resistência de aquecimento estava inserida num circuito elétrico.

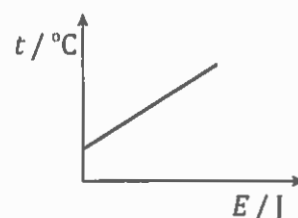


- 36.1. Com o objetivo de determinar indiretamente a potência fornecida pela resistência de aquecimento ao bloco de cobre, introduziram-se, no circuito elétrico, dois aparelhos de medida (multímetros).

Indique o nome das duas grandezas elétricas que, na experiência realizada, foram medidas com os multímetros.

- 36.2. Na experiência realizada, utilizou-se um bloco calorimétrico de cobre de massa 1,264 kg. Além das grandezas elétricas, mediu-se a temperatura do bloco, ao longo do processo de aquecimento.

Com os valores obtidos, foi possível traçar o gráfico da temperatura,  $t$ , do bloco de cobre em função da energia,  $E$ , que lhe foi fornecida, cujo esboço se representa na figura ao lado. Determinou-se, seguidamente, a equação da reta que melhor se ajustava ao conjunto de pontos desse gráfico:



$$t = 1,91 \times 10^{-3} E + 22,1$$

- 36.2.1. Qual era a temperatura do bloco de cobre antes de se iniciar o processo de aquecimento?
- 36.2.2. Determine o erro percentual (erro relativo, em percentagem) da capacidade térmica mássica do cobre obtida nesta experiência, tomando como referência o valor tabelado  $385 \text{ J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ .

Apresente todas as etapas de resolução.

37. Com o objetivo de estabelecer o balanço energético de um sistema *gelo + água líquida*, um grupo de alunos realizou uma experiência, na qual adicionou 30,0 g de gelo fragmentado, à temperatura de 0,0 °C, a 260,0 g de água líquida, a 20,0 °C.

Os alunos consultaram tabelas de constantes físicas e registaram os seguintes valores:

$$c_{\text{água líquida}} \text{ (capacidade térmica mássica da água líquida)} = 4,18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}$$

$$\Delta h_{\text{fusão gelo}} \text{ (variação de entalpia de fusão do gelo)} = 3,34 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$$

- 37.1. Identifique a fonte e o recetor, quando se inicia o processo de transferência de energia que ocorre no interior do sistema considerado.

- 37.2. Qual das expressões seguintes permite calcular a energia, em joules (J), necessária para fundir completamente o gelo?

(A)  $(30,0 \times 3,34 \times 10^5) \text{ J}$

(B)  $\left(\frac{3,34 \times 10^5}{0,0300}\right) \text{ J}$

(C)  $(0,0300 \times 3,34 \times 10^5) \text{ J}$

(D)  $\left(\frac{3,34 \times 10^5}{30,0}\right) \text{ J}$

- 37.3. Com base nos resultados obtidos experimentalmente, os alunos estabeleceram o balanço energético do sistema.

37.3.1. Em que lei se baseia o estabelecimento do balanço energético do sistema?

- 37.3.2. Os alunos calcularam a energia recebida pelo gelo, desde que este foi adicionado à água líquida até toda a mistura ter ficado à mesma temperatura de 11,0 °C, tendo obtido  $1,140 \times 10^4 \text{ J}$ .

Calcularam também a energia cedida pela água líquida, inicialmente a 20,0 °C, no mesmo intervalo de tempo. Com base nos resultados obtidos, concluíram que, naquele intervalo de tempo, tinha ocorrido transferência de energia entre o sistema considerado e o exterior.

Conclua, justificando, em que sentido terá ocorrido aquela transferência de energia.

Apresente todas as etapas de resolução.

# **FÍSICA 11.º ANO**

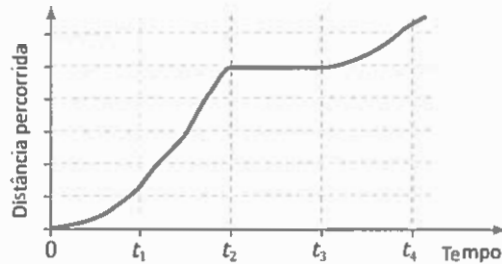
**DOMÍNIO:  
Mecânica**

---

1. Para aumentar a área de superfície lunar suscetível de ser explorada, os astronautas da *Apollo 15* usaram um veículo conhecido como jipe lunar.

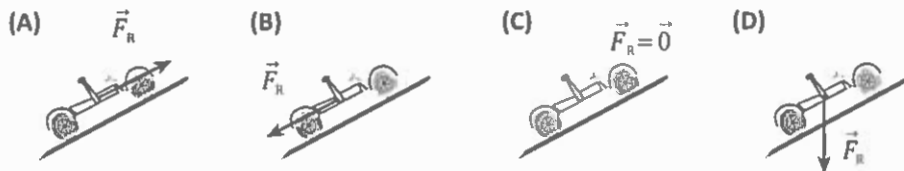
Considere que o jipe pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

- 1.1. Na figura, encontra-se representado o gráfico da distância percorrida pelo jipe, em função do tempo, num dado percurso.



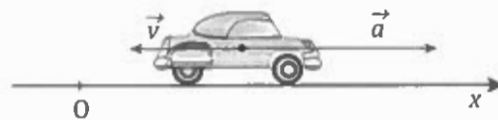
O gráfico permite concluir que, no intervalo de tempo

- (A)  $[0, t_1]$ , o jipe descreveu uma trajetória curvilínea.  
 (B)  $[t_1, t_2]$ , o jipe inverteu o sentido do movimento.  
 (C)  $[t_2, t_3]$ , o jipe esteve parado.  
 (D)  $[t_3, t_4]$ , o jipe se afastou do ponto de partida.
- 1.2. Admita que o jipe sobe, com velocidade constante, uma pequena rampa.  
 Selecione a opção em que a resultante das forças aplicadas no jipe,  $\vec{F}_R$ , está indicada corretamente.



2. Na figura, está esquematizado um automóvel que se move, com aceleração constante, segundo uma trajetória retilínea, coincidente com o eixo  $Ox$  de um referencial unidimensional.

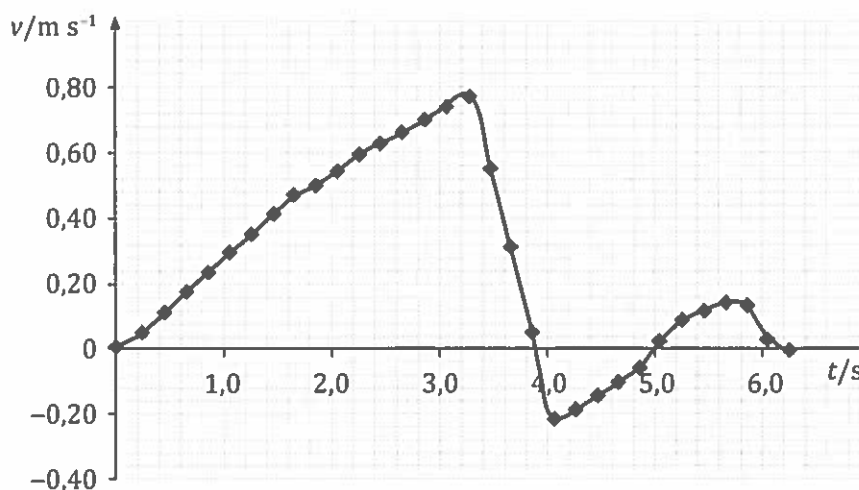
Na figura, estão ainda representados os vetores velocidade,  $\vec{v}$ , e aceleração,  $\vec{a}$ , num certo instante,  $t_1$ .



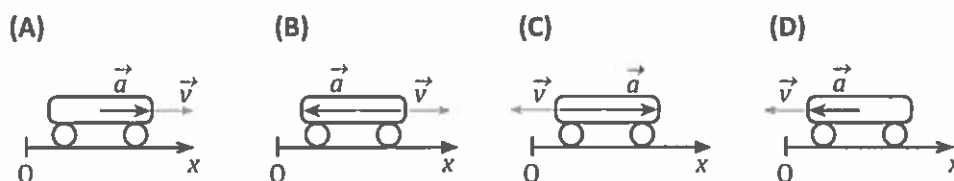
- 2.1. Em que sentido se move o automóvel no instante considerado?
- 2.2. Considere o intervalo de tempo  $[t_0, t_1]$ , sendo  $t_0$  um instante anterior a  $t_1$ .  
 Conclua, justificando, como variou o módulo da velocidade do automóvel no intervalo de tempo considerado, admitindo que em  $t_0$  o automóvel se movia no mesmo sentido que em  $t_1$ .

3. Considere um carrinho que se move segundo uma trajetória retilínea, coincidente com o eixo  $Ox$  de um referencial unidimensional.

Na figura, encontra-se representado o gráfico da componente escalar, segundo esse eixo, da velocidade,  $v$ , do carrinho em função do tempo,  $t$ , obtido em laboratório com um sistema de aquisição de dados.



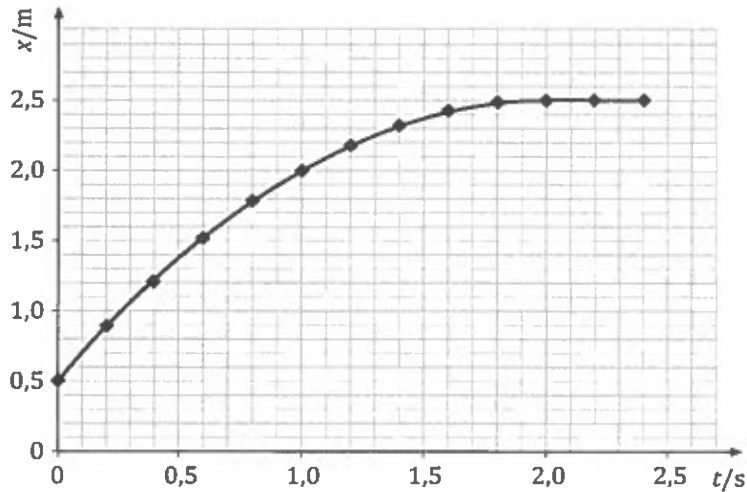
- 3.1. Houve inversão do sentido do movimento do carrinho no intervalo de tempo
- (A)  $[1,6; 2,0]$  s                      (B)  $[3,4; 3,8]$  s
- (C)  $[4,8; 5,2]$  s                      (D)  $[5,6; 6,0]$  s
- 3.2. Calcule a distância percorrida pelo carrinho no intervalo de tempo  $[0,0; 1,4]$  s .  
 Apresente todas as etapas de resolução.
- 3.3. Em qual dos seguintes esquemas se encontram corretamente representados os vetores velocidade,  $\vec{v}$ , e aceleração,  $\vec{a}$ , no instante  $t = 3,4$  s ?



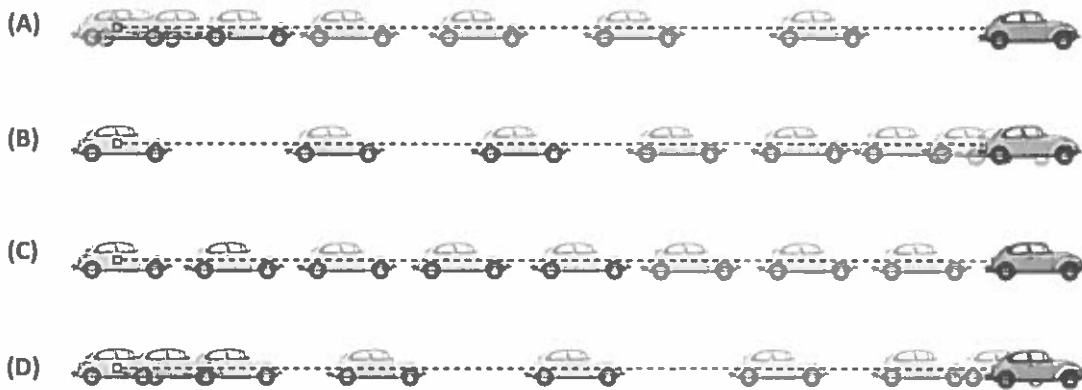
4. Considere um carrinho que se move segundo uma trajetória retilínea e horizontal, coincidente com o eixo  $Ox$  de um referencial unidimensional.

Na figura, encontra-se representado o gráfico da componente escalar da posição,  $x$ , desse carrinho, segundo esse eixo, em função do tempo,  $t$ , decorrido desde que se iniciou o estudo do movimento.

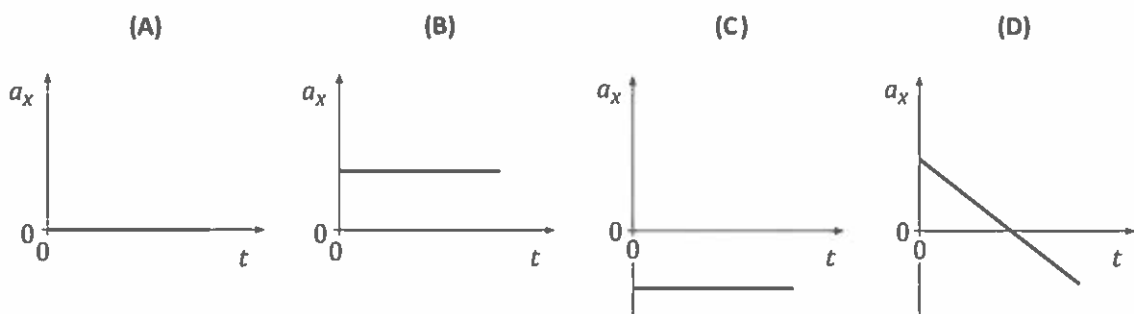
Admita que no intervalo de tempo  $[0,0; 2,0]$  s a curva representada é um ramo de parábola.



- 4.1. Qual das seguintes figuras pode ser uma representação estroboscópica do movimento do carrinho no intervalo de tempo  $[0,0; 2,0]$  s ?



- 4.2. Qual dos esboços seguintes pode representar a componente escalar da aceleração,  $a_x$ , do carrinho, em função do tempo,  $t$ , no intervalo de tempo  $[0,0; 2,0]$  s ?



- 4.3. Considere que no instante inicial o valor da velocidade do carrinho, de massa 400 g, é  $2,0 \text{ m s}^{-1}$ .  
 Calcule a intensidade da resultante das forças não conservativas aplicadas no carrinho, no intervalo de tempo  $[0,0; 2,0] \text{ s}$ .

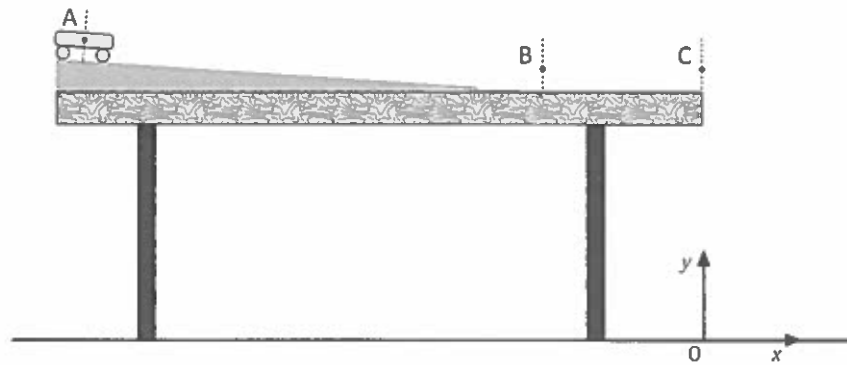
Admita que a resultante das forças não conservativas tem a direção do movimento.

Apresente todas as etapas de resolução.

Nota: Item com conteúdos de Física de 10.º ano (Energia e movimentos)

5. A figura (que não está à escala) ilustra uma experiência realizada numa aula de Física, na qual um carrinho é abandonado sobre uma calha inclinada, montada sobre uma mesa de tampo horizontal. O carrinho, abandonado na posição A, percorre a distância sobre a calha até à posição B, movendo-se depois, sobre o tampo da mesa, até à posição C.

Considere desprezáveis todas as forças dissipativas e admita que o carrinho pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

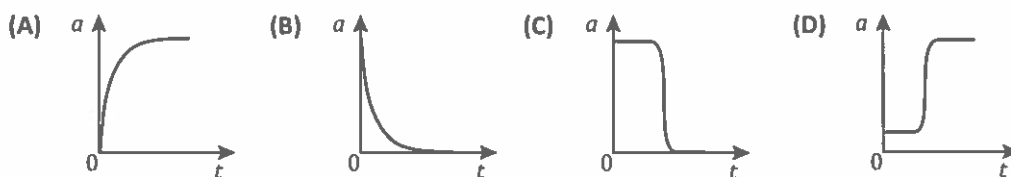


- 5.1. No percurso AB, o trabalho realizado pelo peso do carrinho é \_\_\_\_\_, e a variação da energia mecânica do sistema *carrinho + Terra* é \_\_\_\_\_.
- (A) positivo ... nula                      (B) positivo ... positiva  
 (C) nulo ... nula                          (D) nulo ... positiva

Nota: item de Física de 10.º ano (Energia e movimentos)

- 5.2. Explique porque é que a resultante das forças que atuam no carrinho não é nula no percurso AB.  
 Comece por identificar as forças que atuam no carrinho nesse percurso.

- 5.3. Qual é o esboço do gráfico que pode representar o módulo da aceleração do carrinho,  $a$ , em função do tempo,  $t$ , decorrido desde o instante em que este inicia o movimento até ao instante em que atinge a posição C?





6. Suponhamos que alguém vai a empurrar um carrinho por uma estrada retilínea e horizontal e que, subitamente, o larga. Antes de se imobilizar, o carrinho ainda percorrerá uma curta distância. Surge a pergunta: como será possível aumentar essa distância? Há vários meios, como por exemplo, olear o eixo e tornar a estrada mais lisa. Quanto mais lisa for a estrada e mais facilmente girarem as rodas, maior será a distância percorrida. O que acontece em consequência da lubrificação do eixo e do alisamento da estrada? Apenas isto: o efeito do que chamamos atrito diminui, tanto no contacto do eixo com as rodas, como no das rodas com a estrada. Isto já é uma interpretação teórica da evidência observável. Imaginemos uma estrada perfeitamente lisa e um sistema de eixos e rodas em que não houvesse atrito. Neste caso, nada interferiria no carrinho, que se moveria perpetuamente. Formulamos esta conclusão unicamente por força do pensamento, idealizando uma experiência que não pode ter realidade, visto ser impossível eliminar o atrito, mas que nos permite compreender melhor a relação entre forças e movimento.

A. Einstein, L. Infeld, *A Evolução da Física*, Livros do Brasil (adaptado)

- 6.1. «Neste caso, nada interferiria no carrinho, que se moveria perpetuamente.»

Qual seria o tipo de movimento do carrinho na situação descrita?

- 6.2. Das forças que atuam sobre o carrinho em movimento sobre uma superfície horizontal, a força gravítica,  $\vec{F}_g$ , e a força normal,  $\vec{F}_N$ , exercida pela estrada, são forças com intensidades

- (A) iguais, que constituem um par ação-reação.  
(B) diferentes, que constituem um par ação-reação.  
(C) diferentes, que não constituem um par ação-reação.  
(D) iguais, que não constituem um par ação-reação.

- 6.3. Fundamente a afirmação de Einstein e Infeld segundo a qual se pode aumentar a distância percorrida pelo carrinho, na situação descrita no texto, tornando a estrada mais lisa.

- 6.4. Considere que, movendo-se o carrinho com velocidade aproximadamente constante, uma das rodas dá 5,0 voltas em 4,0 s.

Calcule o módulo da velocidade angular dessa roda em radianos por segundo ( $\text{rad s}^{-1}$ ).

Apresente todas as etapas de resolução.

7. Considere que um carrinho de brincar descreve, sobre uma pista, uma trajetória circular, num mesmo plano horizontal, com velocidade de módulo constante.

- 7.1. Caracterize os vetores velocidade e aceleração do carrinho quanto à sua direção e quanto ao seu sentido, relativamente à trajetória descrita.

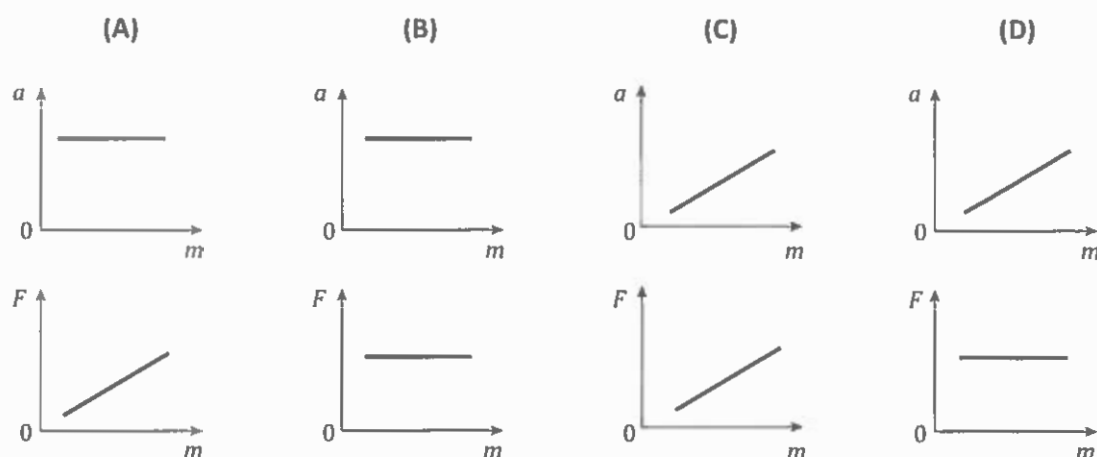
- 7.2. Considere que a trajetória circular descrita pelo carrinho tem 50,0 cm de diâmetro e que o carrinho demora, em média, 47,6 s a descrever 5 voltas completas.

Determine o módulo da aceleração do carrinho.

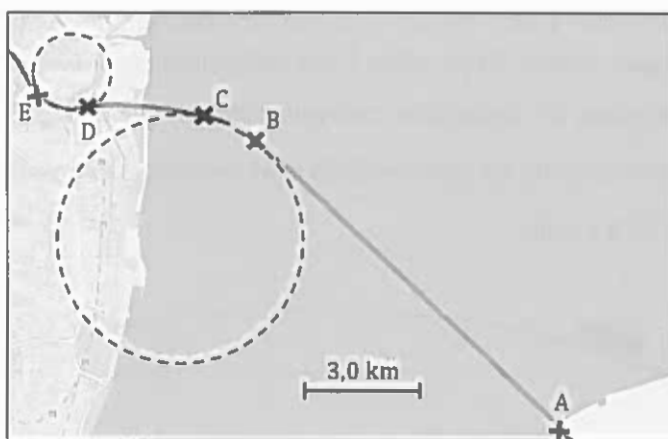
Apresente todas as etapas de resolução.

- 7.3. Admita que se colocaram sobrecargas de massa sucessivamente maior no carrinho e que os conjuntos *carrinho + sobrecarga* se deslocaram sobre a pista demorando o mesmo tempo a descrever uma volta completa.

Qual das opções seguintes apresenta os esboços dos gráficos que podem representar corretamente o módulo da aceleração,  $a$ , dos conjuntos *carrinho + sobrecarga* e a intensidade da resultante das forças neles aplicadas,  $F$ , em função da massa,  $m$ , daqueles conjuntos?



8. A figura representa, esquematicamente, uma ligação rodoviária entre os pontos A e E, que se situa num mesmo plano horizontal, verificando-se que o velocímetro de um automóvel marca sempre  $80 \text{ km h}^{-1}$ , ao longo de todo o percurso entre aqueles pontos.



- 8.1. Considere o troço entre os pontos A e B.

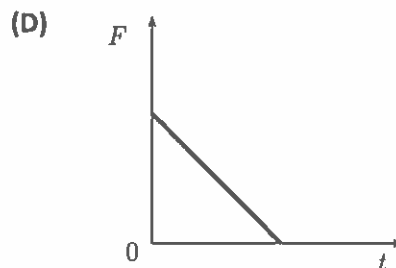
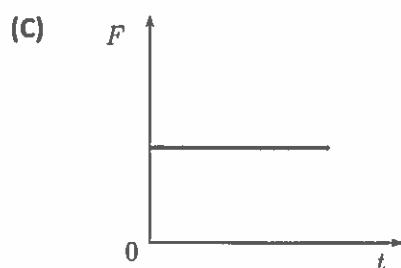
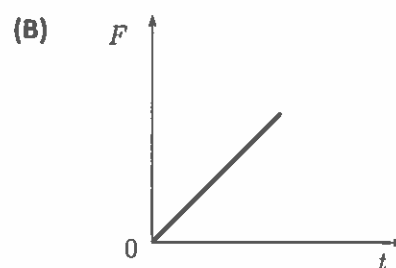
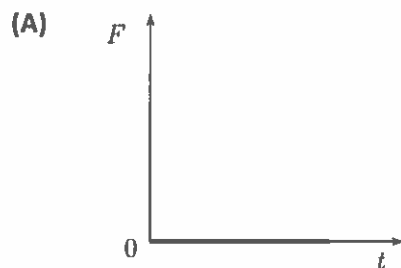
8.1.1. Determine o tempo que o automóvel demora a percorrer esse troço.

Apresente todas as etapas de resolução.

8.1.2. Que conclusão, fundamentada na 2.ª Lei de Newton, pode retirar-se acerca da resultante das forças que atuam no automóvel, nesse troço?

8.2. Considere que os troços entre os pontos B e C e entre os pontos D e E, representados na figura, correspondem a arcos de circunferência.

8.2.1. Selecione a opção que apresenta o esboço do gráfico da intensidade da resultante das forças aplicadas no automóvel,  $F$ , em função do tempo,  $t$ , ao longo do troço BC.



8.2.2. Conclua, justificando, em qual dos troços, BC ou DE, é maior a aceleração do automóvel.

9. Na figura, está representado o perfil de um troço de uma ponte, que se admite formar um arco de circunferência num plano vertical. As posições P e Q estão situadas num mesmo plano horizontal.

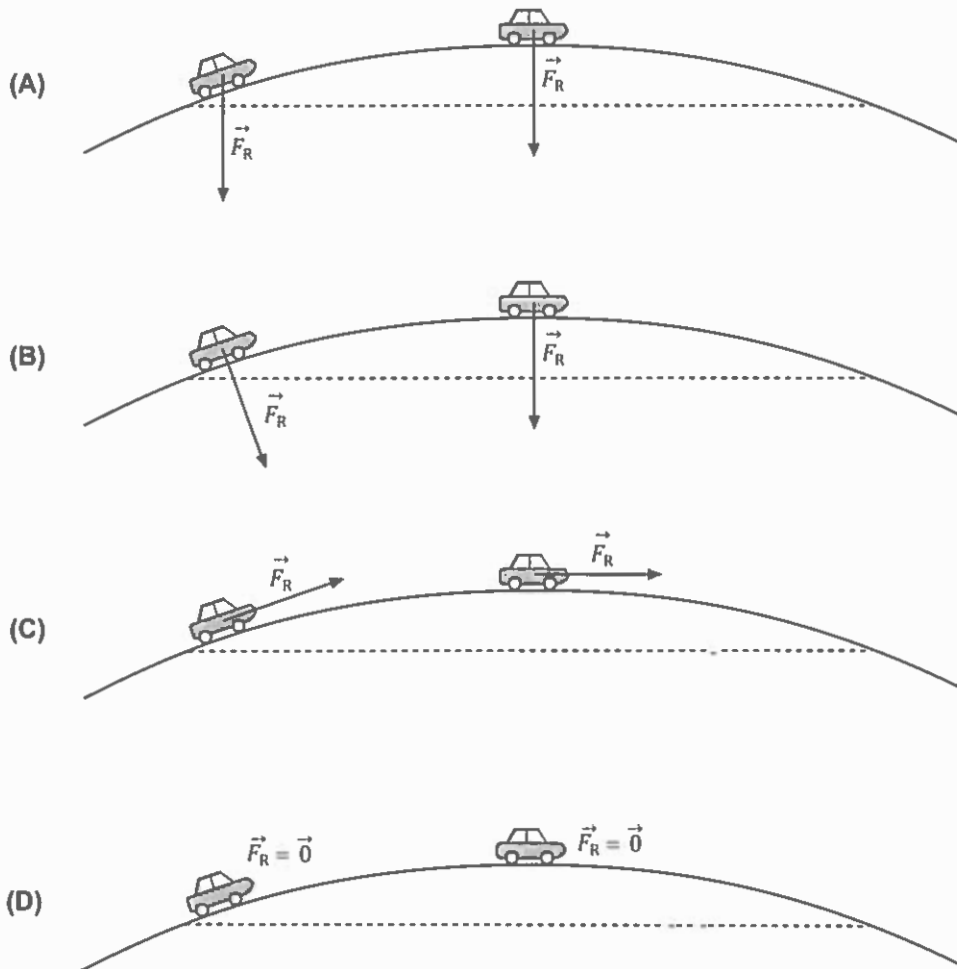
Sobre essa ponte, desloca-se um automóvel com velocidade de módulo constante.

Considere que o automóvel pode ser representado pelo seu centro de massa.

A figura não se encontra à escala.



9.1. Em qual das figuras seguintes se encontra corretamente representada a resultante das forças,  $\vec{F}_R$ , que atuam sobre o automóvel?



9.2. Admita que, entre as posições P e Q, o automóvel percorre 300 m com velocidade de módulo  $54 \text{ km h}^{-1}$ .

Qual das seguintes expressões permite calcular o tempo, em segundos (s), que o automóvel demora a percorrer o troço entre as posições P e Q?

(A)  $\frac{2\pi \times 300 \times 3600}{54\,000} \text{ s}$

(B)  $\frac{300 \times 3600}{54\,000} \text{ s}$

(C)  $\frac{54\,000}{2\pi \times 300 \times 3600} \text{ s}$

(D)  $\frac{54\,000}{300 \times 3600} \text{ s}$

9.3. Justifique a afirmação seguinte.

A energia mecânica do sistema *automóvel + Terra* é igual nas posições P e Q.

Nota: item de Física de 10.º ano (Energia e movimentos)

- 9.4. Admita que, sobre a ponte, se desloca também um camião de massa 12 vezes superior à massa do automóvel, com velocidade de módulo igual a metade do módulo da velocidade do automóvel.

Qual das seguintes expressões relaciona corretamente a energia cinética do camião,  $E_{c, \text{camião}}$ , com a energia cinética do automóvel,  $E_{c, \text{automóvel}}$ , enquanto se deslocam sobre a ponte?

(A)  $E_{c, \text{camião}} = 24 E_{c, \text{automóvel}}$       (B)  $E_{c, \text{camião}} = 12 E_{c, \text{automóvel}}$

(C)  $E_{c, \text{camião}} = 6 E_{c, \text{automóvel}}$       (D)  $E_{c, \text{camião}} = 3 E_{c, \text{automóvel}}$

Nota: item de Física de 10.º ano (Energia e movimentos)

10. Na sua obra *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural*, editada pela primeira vez em 1687, Newton estabeleceu as três leis da Dinâmica e mostrou que tanto a queda de um corpo à superfície da Terra (por exemplo, a queda de um fruto da árvore para o solo) como o movimento da Lua na sua órbita podem ser explicados pela existência de uma força, resultante da interação entre cada um desses corpos e a Terra. Essa força depende das massas dos dois corpos que interatuam e da distância entre os seus centros de massa.

Assim, um fruto cai da árvore porque é atraído para a Terra. Mas, embora tendo uma massa muito inferior à da Terra, também o fruto atrai a Terra.

M. Ferreira, G. Almeida, *Introdução à Astronomia e às Observações Astronómicas*, Plátano Edições Técnicas, 6.ª ed., 2001 (adaptado)

- 10.1. Considere que  $m$  representa a massa de um fruto que se encontra acima da superfície da Terra e que  $d$  representa a distância entre o centro de massa do fruto e o centro de massa da Terra.

A intensidade da força com que a Terra atrai esse fruto é

(A) inversamente proporcional a  $m$ .

(B) diretamente proporcional a  $d$ .

(C) diretamente proporcional a  $m^2$ .

(D) inversamente proporcional a  $d^2$ .

- 10.2. A força com que a Terra atrai um fruto e a força com que esse fruto atrai a Terra têm intensidades

(A) iguais e determinam acelerações de módulos diferentes em cada um desses corpos.

(B) iguais e determinam acelerações de módulos iguais em cada um desses corpos.

(C) diferentes e determinam acelerações de módulos diferentes em cada um desses corpos.

(D) diferentes e determinam acelerações de módulos iguais em cada um desses corpos.

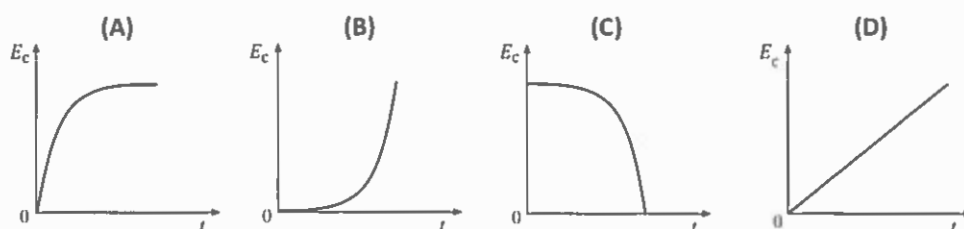
- 10.3. Conclua, justificando, se o trabalho realizado pelo peso de um fruto que cai da árvore para o solo depende da forma da trajetória descrita pelo fruto.

Nota: item de Física de 10.º ano (Energia e movimentos)

**10.4.** Considere um fruto que cai de uma árvore, abandonado de uma posição situada a 1,60 m acima do solo.

Admita que a resistência do ar é desprezável e que o fruto pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

**10.4.1.** Qual é o esboço do gráfico que pode representar o modo como varia a energia cinética,  $E_c$ , do fruto em função do tempo,  $t$ , durante a queda?



**10.4.2.** Qual é o módulo da velocidade com que o fruto passa na posição situada a 0,70 m do solo?

- (A)  $v = 5,6 \text{ m s}^{-1}$       (B)  $v = 4,2 \text{ m s}^{-1}$   
 (C)  $v = 3,7 \text{ m s}^{-1}$       (D)  $v = 2,6 \text{ m s}^{-1}$

**10.4.3.** Admita que, no seu movimento de translação em torno da Terra, a Lua descreve uma órbita circular, de raio  $3,84 \times 10^5 \text{ km}$ .

Determine o quociente entre o módulo da aceleração da Lua, no movimento de translação referido, e o módulo da aceleração do fruto, no movimento de queda considerado.

Apresente todas as etapas de resolução.

$$\text{Massa da Lua} = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$$

$$\text{Massa da Terra} = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$$

**11.** A 2 de agosto de 1971, o astronauta David Scott, comandante da missão *Apollo 15*, realizou na Lua (onde a atmosfera é praticamente inexistente) uma pequena experiência com um martelo geológico (de massa 1,32 kg) e uma pena de falcão (de massa 0,03 kg). No filme que registou essa experiência, é possível ouvir as palavras de Scott:

«Se estamos aqui hoje, devemos-lo, entre outros, a Galileu, que fez uma descoberta muito importante acerca da queda dos corpos em campos gravíticos. Considero que não há melhor lugar para confirmar as suas descobertas do que a Lua. Vou, por isso, deixar cair o martelo, que tenho na mão direita, e a pena, que tenho na mão esquerda, e espero que cheguem ao chão ao mesmo tempo.»

Nas imagens registadas, vê-se Scott a segurar no martelo e na pena, aproximadamente, à mesma altura, e a largá-los em simultâneo. Os dois objetos caem lado a lado e chegam ao chão praticamente ao mesmo tempo. Scott exclama: «Isto mostra que Galileu tinha razão!»

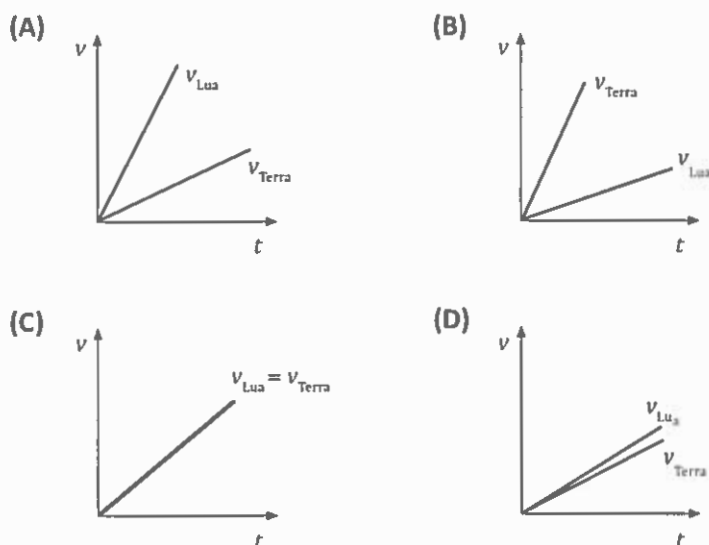
<http://history.nasa.gov/alsj/a15/a15.clsout3.html#1670255> (adaptado)

- 11.1. Identifique o facto, referido no texto, que levou Scott a considerar que a Lua era um lugar privilegiado para testar a hipótese de Galileu sobre o movimento de corpos em queda livre.
- 11.2. Galileu previu que, na queda livre de um objeto, o tempo de queda
- (A) depende da forma e da massa do objeto.  
 (B) depende da forma do objeto, mas é independente da sua massa.  
 (C) é independente da forma do objeto, mas depende da sua massa.  
 (D) é independente da forma e da massa do objeto.
- 11.3. O martelo e a pena caem lado a lado e chegam ao chão praticamente ao mesmo tempo, porque, estando sujeitos a forças gravíticas
- (A) diferentes, caem com acelerações iguais.  
 (B) iguais, caem com acelerações iguais.  
 (C) iguais, caem com acelerações diferentes.  
 (D) diferentes, caem com acelerações diferentes.
- 11.4. Durante a queda da pena manteve-se constante, para o sistema *pena + Lua*, a
- (A) energia cinética.  
 (B) soma das energias cinética e potencial gravítica.  
 (C) energia potencial gravítica.  
 (D) diferença entre as energias cinética e potencial gravítica.

Nota: item de Física de 10.º ano (Energia e Movimentos)

12. O módulo da aceleração da gravidade à superfície da Lua é cerca de  $\frac{1}{6}$  do que se verifica à superfície da Terra.
- 12.1. Selecione a opção que compara corretamente a intensidade da força gravítica que atua sobre um mesmo corpo, quando colocado à superfície da Terra,  $F_{g_{Terra}}$ , e à superfície da Lua,  $F_{g_{Lua}}$ .
- (A)  $F_{g_{Terra}} = \sqrt{\frac{1}{6}} F_{g_{Lua}}$     (B)  $F_{g_{Terra}} = \sqrt{6} F_{g_{Lua}}$     (C)  $F_{g_{Terra}} = \frac{1}{6} F_{g_{Lua}}$     (D)  $F_{g_{Terra}} = 6 F_{g_{Lua}}$
- 12.2. Considere um mesmo objeto em queda livre vertical, a partir de posições à mesma altura em relação ao solo, em duas situações distintas: numa situação, próximo da superfície da Lua, e noutra, próximo da superfície da Terra.
- Selecione a opção que relaciona corretamente o tempo de queda desse objeto, próximo da superfície terrestre,  $t_{Terra}$ , com o tempo de queda, próximo da superfície da Lua,  $t_{Lua}$ .
- (A)  $t_{Lua} = \frac{1}{6} t_{Terra}$     (B)  $t_{Lua} = \sqrt{\frac{1}{6}} t_{Terra}$     (C)  $t_{Lua} = \sqrt{6} t_{Terra}$     (D)  $t_{Lua} = 6 t_{Terra}$

- 12.3. Selecione o gráfico que traduz o modo como variam os módulos da velocidade de um corpo em movimento de queda livre vertical, próximo da superfície da Lua,  $v_{\text{Lua}}$ , e próximo da superfície da Terra,  $v_{\text{Terra}}$ , em função do tempo de queda.



13. Na figura (que não está à escala), estão representados dois conjuntos *ciclista + bicicleta*,  $C_I$  e  $C_{II}$ , que se movem ao longo de uma estrada retilínea e horizontal, coincidente com o eixo  $Ox$  de um referencial unidimensional.

Considere que cada um dos conjuntos pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).



Considere que no instante  $t = 0$  s o conjunto  $C_{II}$  inicia o seu movimento e que, nesse instante, o conjunto  $C_I$  passa na origem do referencial.

Admita que, a partir desse instante, e durante um determinado intervalo de tempo, as componentes escalares, segundo o eixo  $Ox$ , das posições,  $x_{C_I}$  e  $x_{C_{II}}$ , dos conjuntos  $C_I$  e  $C_{II}$ , respetivamente, variam com o tempo,  $t$ , de acordo com as equações

$$x_{C_I} = 7,0 t \quad (\text{SI})$$

$$x_{C_{II}} = 800 - 0,030 t^2 \quad (\text{SI})$$



13.1. Apresente, num mesmo sistema de eixos, os esboços dos gráficos que traduzem, no intervalo de tempo considerado, as componentes escalares das posições,  $x_{C_I}$  e  $x_{C_{II}}$ , em função do tempo, desde o instante  $t = 0$  s até, pelo menos, ao instante em que os conjuntos se cruzam.

Determine o instante em que os conjuntos  $C_I$  e  $C_{II}$  se cruzam e a componente escalar da posição daqueles conjuntos nesse instante.

Utilize as potencialidades gráficas da calculadora.

13.2. Em qual dos esquemas seguintes se encontram corretamente representadas, num dado instante do intervalo de tempo considerado, a velocidade,  $\vec{v}$ , e a aceleração,  $\vec{a}$ , do conjunto  $C_{II}$ ?



13.3. A soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam no conjunto  $C_I$ , num deslocamento desse conjunto no intervalo de tempo considerado, é

- (A) nula, uma vez que atuam no conjunto forças não conservativas.
- (B) negativa, uma vez que a energia cinética do conjunto diminui.
- (C) nula, uma vez que a energia cinética do conjunto se mantém constante.
- (D) negativa, uma vez que atuam no conjunto forças não conservativas.

Nota: item de Física de 10.º ano (Energia e movimentos)

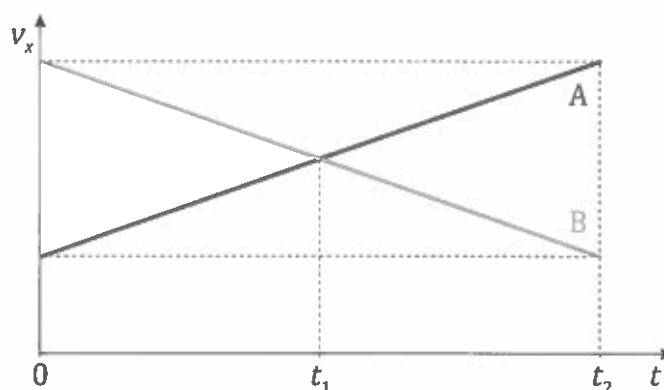
14. Considere dois conjuntos, A e B, ambos constituídos por um ciclista e pela respetiva bicicleta. Estes conjuntos movem-se numa pista horizontal.

Admita que cada conjunto pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

- 14.1. Admita que, num determinado intervalo de tempo, os conjuntos A e B se movem paralelamente um ao outro, num troço retilíneo da pista horizontal.

Considere um referencial unidimensional,  $Ox$ , paralelo à trajetória dos conjuntos nesse troço.

Na figura, encontram-se representados os esboços dos gráficos das componentes escalares da velocidade,  $v_x$ , dos conjuntos A e B, segundo o referencial  $Ox$ , em função do tempo,  $t$ , no intervalo de tempo considerado.



- 14.1.1. De acordo com o gráfico, no intervalo de tempo  $[0, t_2]$ , os conjuntos A e B

- (A) cruzam-se no instante  $t_1$ .
- (B) movem-se no mesmo sentido.
- (C) percorrem distâncias diferentes.
- (D) têm módulos da aceleração diferentes.

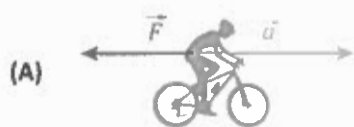
- 14.1.2. Conclua se a soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas que atuam no conjunto A, no intervalo de tempo  $[0, t_2]$ , é positiva ou negativa.

Apresente num texto a fundamentação da conclusão solicitada.

**Nota:** item de Física de 10.º ano (Energia e movimentos)

14.1.3. Nos esquemas seguintes, está representado o conjunto B, que se move da esquerda para a direita.

Em qual dos esquemas se encontram representados o vetor resultante das forças,  $\vec{F}$ , que atuam nesse conjunto e o vetor aceleração,  $\vec{a}$ , no intervalo de tempo  $[0, t_2]$ ?



14.2. Considere que um dos conjuntos, de massa 80 kg e inicialmente com uma velocidade de módulo  $6,0 \text{ m s}^{-1}$ , percorre, num outro troço retilíneo da pista, 100 m em 20 s, sob a ação de uma força de travagem constante.

Determine a intensidade da resultante das forças que atuam no conjunto, no intervalo de tempo considerado. Admita que essa resultante se mantém constante.

Apresente todas as etapas de resolução.

14.3. Um dos conjuntos descreve, num outro intervalo de tempo, um arco de circunferência, com velocidade de módulo constante.

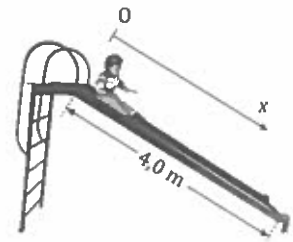
Conclua, com base na caracterização do vetor velocidade, relativamente à trajetória descrita, se a aceleração do conjunto é, ou não, nula, no intervalo de tempo considerado.

Apresente num texto a fundamentação da conclusão solicitada.

15. A figura (que não está à escala) representa uma criança a descer um escorrega cuja secção inclinada tem um comprimento de 4,0 m.

Considere que a criança desce o escorrega partindo do repouso, e que a sua aceleração se mantém constante durante a descida.

Admita que a criança pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

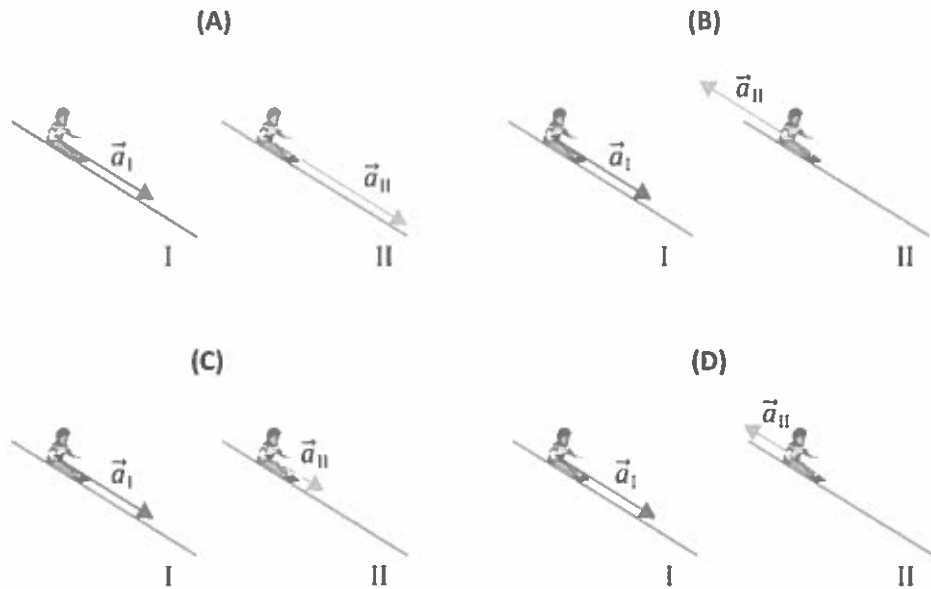


15.1. Considere duas situações distintas:

- Situação I: a resultante das forças dissipativas que atuam na criança é desprezável;
- Situação II: a resultante das forças dissipativas que atuam na criança não é desprezável.

Nos esquemas seguintes, o vetor  $\vec{a}_I$  representa a aceleração da criança na situação I.

Em qual dos esquemas o vetor  $\vec{a}_{II}$  pode representar a aceleração da criança na situação II ?



15.2. Considere que a criança, de massa 30 kg, demora 2,1 s a percorrer a secção inclinada do escorrega.

Calcule a intensidade da resultante das forças que atuam na criança, na situação considerada.

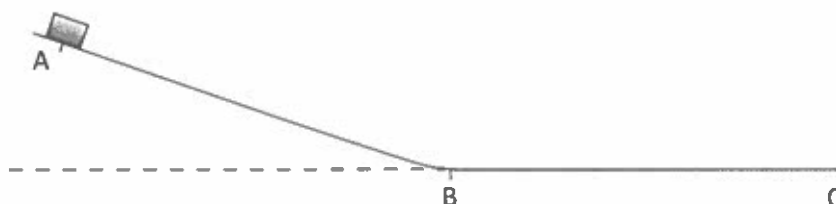
Apresente todas as etapas de resolução.

16. Na figura (que não está à escala), está representada uma calha inclinada, que termina num troço horizontal. A superfície do troço horizontal está revestida por um material rugoso.

Um paralelepípedo de massa 300 g foi abandonado na posição A, situada a uma altura de 25 cm em relação ao troço horizontal da calha.

Entre as posições A e B, a dissipação de energia mecânica foi desprezável. Entre as posições B e C, que distam 60 cm entre si, foi dissipada 20% da energia mecânica inicial do sistema *paralelepípedo + Terra*.

Considere que o paralelepípedo pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material) e considere o troço horizontal da calha como o nível de referência da energia potencial gravítica.



Determine o módulo da aceleração do paralelepípedo, no percurso BC, admitindo que a aceleração se mantém constante ao longo desse percurso.

Apresente todas as etapas de resolução.

Nota: item com conteúdos de Física de 10.º ano (Energia e movimentos)

17. A figura representa um plano inclinado, no topo do qual se abandonou uma bola. A bola desce o plano com aceleração constante.



Considere que a bola pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

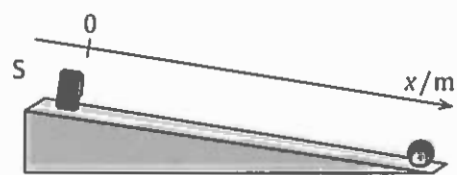
Na tabela seguinte, estão registados os tempos,  $t$ , que a bola demorou a percorrer distâncias,  $d$ , sucessivamente maiores, sobre esse plano, assim como os quadrados desses tempos,  $t^2$ .

$d / \text{m}$	$t / \text{s}$	$t^2 / \text{s}^2$
0,80	2,14	4,580
1,00	2,40	5,760
1,20	2,63	6,917
1,40	2,84	8,066
1,60	3,03	9,181

Calcule o módulo da aceleração da bola, no movimento considerado, a partir da equação da reta que melhor se ajusta ao conjunto dos valores de  $d$  e de  $t^2$  registados na tabela.

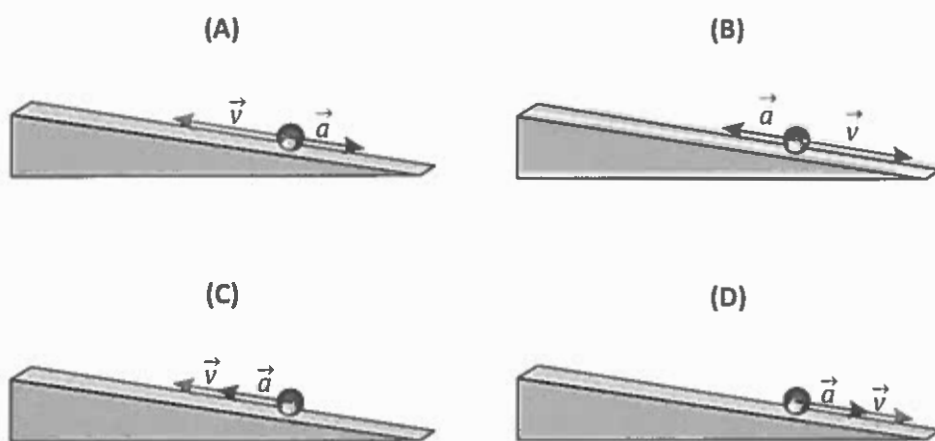
Apresente todas as etapas de resolução.

18. A figura representa um plano inclinado, no topo do qual se colocou um sensor de movimento, S. Uma pequena bola foi lançada de modo a subir o plano, segundo uma trajetória retilínea com a direção do eixo  $Ox$  do referencial unidimensional representado na figura.



Admita que a bola pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

- 18.1. Em qual dos seguintes esquemas se encontram corretamente representados os vetores velocidade,  $\vec{v}$ , e aceleração,  $\vec{a}$ , num instante em que a bola se encontra a subir o plano?



- 18.2. Se as forças dissipativas forem desprezáveis, a altura máxima atingida pela bola sobre o plano será
- (A) diretamente proporcional ao módulo da velocidade de lançamento.
  - (B) inversamente proporcional ao quadrado do módulo da velocidade de lançamento.
  - (C) inversamente proporcional ao módulo da velocidade de lançamento.
  - (D) diretamente proporcional ao quadrado do módulo da velocidade de lançamento.

Nota: item de Física de 10.º ano (Energia e movimentos)

- 18.3.** A partir dos dados adquiridos com o sensor de movimento, concluiu-se que, durante a subida, a componente escalar, segundo o eixo  $Ox$ , da posição,  $x$ , da bola sobre o plano variava com o tempo,  $t$ , de acordo com a equação

$$x = 1,5t^2 - 2,4t + 2,0 \quad (\text{SI})$$

Apresente o gráfico da componente escalar da posição,  $x$ , da bola em função do tempo,  $t$ , desde o instante em que a bola foi lançada ( $t = 0 \text{ s}$ ) até ao instante em que, sobre o plano, a bola inverteu o sentido do movimento.

Utilize a calculadora gráfica.

Na sua resposta, deve reproduzir o gráfico obtido com a calculadora, no intervalo de tempo considerado, indicando no gráfico:

- as grandezas representadas e as respetivas unidades;
- as coordenadas dos pontos que correspondem ao instante em que a bola foi lançada e ao instante em que, sobre o plano, a bola inverteu o sentido do movimento.

- 19.** Uma bola move-se segundo uma trajetória retilínea.

Considere que a bola pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

Admita que a componente escalar da posição,  $x$ , da bola em relação a um determinado referencial unidimensional  $Ox$  varia com o tempo,  $t$ , de acordo com a equação

$$x = 2,4 - 2,0t + 0,60t^2 \quad (\text{SI})$$

- 19.1.** A que distância se encontra a bola da origem do referencial  $Ox$  considerado, no instante  $t = 0,0 \text{ s}$ ?

- 19.2.** A componente escalar, segundo o referencial  $Ox$  considerado, da velocidade,  $v_x$ , da bola varia com o tempo,  $t$ , de acordo com a equação

(A)  $v_x = -2,0 + 1,2t \quad (\text{SI})$

(B)  $v_x = 2,4 - 2,0t \quad (\text{SI})$

(C)  $v_x = -2,0 + 0,60t \quad (\text{SI})$

(D)  $v_x = 2,4 - 4,0t \quad (\text{SI})$

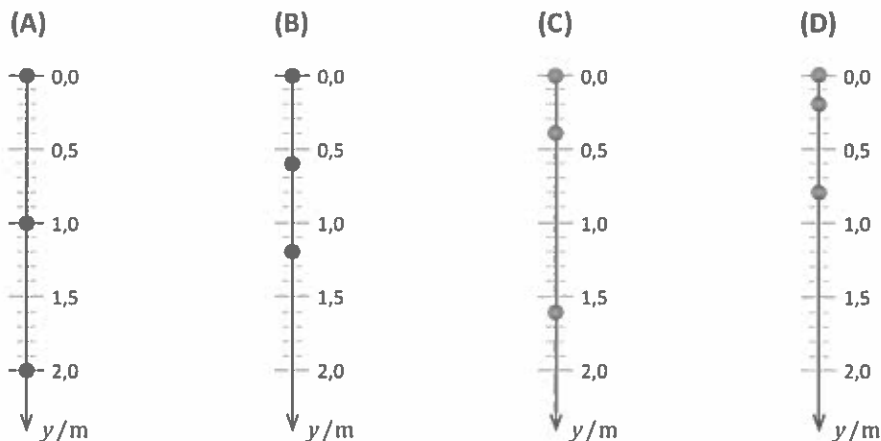
- 19.3.** Determine a distância percorrida pela bola no intervalo de tempo  $[0,0; 3,0] \text{ s}$ , utilizando as potencialidades gráficas da calculadora.

Na sua resposta:

- apresente um esboço do gráfico da componente escalar da posição,  $x$ , da bola em função do tempo,  $t$ , desde o instante  $t = 0,0 \text{ s}$  até, pelo menos, ao instante  $t = 3,0 \text{ s}$ ;
- indique, no esboço apresentado, os valores de  $x$  necessários ao cálculo daquela distância;
- apresente o valor da distância percorrida pela bola no intervalo de tempo considerado.

20. Considere uma bola que, tendo sido abandonada, no instante  $t = 0,0$  s, de uma determinada altura em relação ao solo, cai em queda livre.

Em qual dos seguintes diagramas se encontram corretamente marcadas as posições da bola nos instantes  $t = 0,0$  s,  $t = 0,2$  s e  $t = 0,4$  s, em relação ao referencial unidimensional representado?

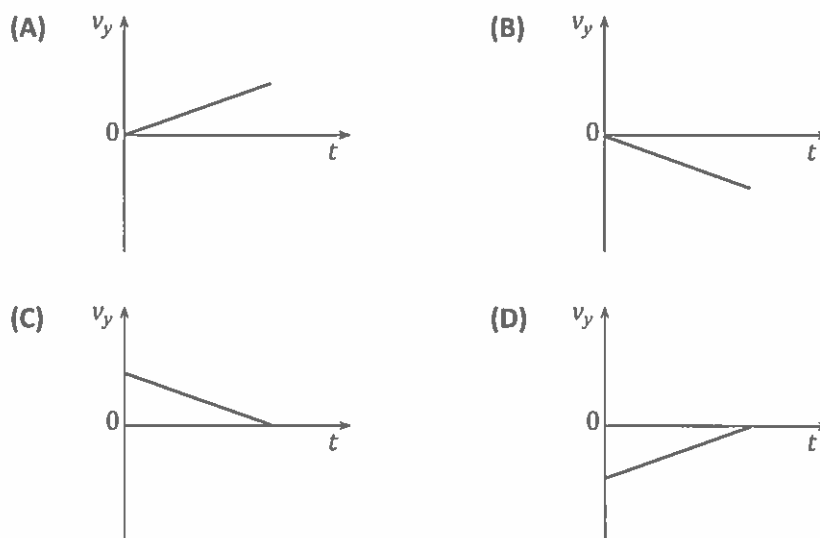


21. Uma bola é abandonada de uma certa altura em relação ao solo, caindo verticalmente em condições nas quais a resistência do ar pode ser considerada desprezável.

Considere que a bola pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

Considere um referencial unidimensional  $Oy$ , vertical, com origem no solo e sentido positivo de baixo para cima.

- 21.1. Qual é o esboço do gráfico que pode representar a componente escalar da velocidade da bola,  $v_y$ , em relação ao referencial considerado, em função do tempo,  $t$ , desde o instante em que é abandonada até chegar ao solo?

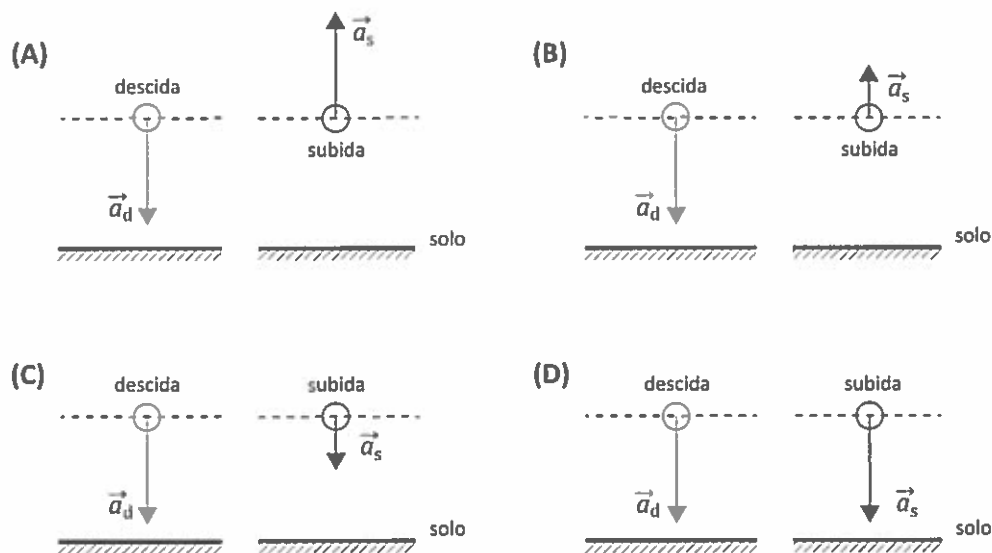




21.2. A bola cai e ressalta no solo.

Nos esquemas seguintes, o vetor  $\vec{a}_d$  representa a aceleração da bola num ponto da descida situado a uma determinada altura em relação ao solo.

Em qual dos esquemas seguintes o vetor  $\vec{a}_s$  representa a aceleração da bola no ponto da subida situado à mesma altura?



21.3. Durante a colisão da bola com o solo, a força exercida pela bola sobre o solo e a força exercida pelo solo sobre a bola têm, em cada instante,

- (A) o mesmo sentido e intensidades diferentes.
- (B) sentidos opostos e intensidades diferentes.
- (C) o mesmo sentido e a mesma intensidade.
- (D) sentidos opostos e a mesma intensidade.

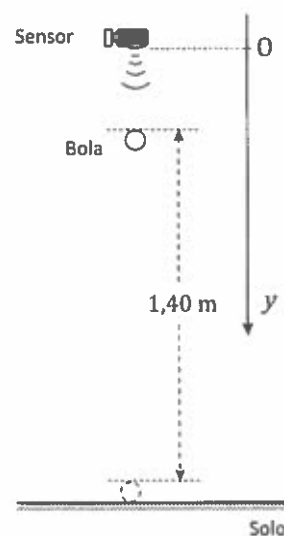
22. A figura (que não está à escala) representa uma pequena bola, colocada sob um sensor de movimento, e um referencial unidimensional de eixo vertical, Oy.

A bola foi abandonada, caindo no ar até atingir o solo.

22.1. A bola foi abandonada, no instante  $t = 0s$ , da posição representada na figura, caindo 1,40 m até ao solo.

A partir dos dados adquiridos com o sensor de movimento, concluiu-se que a componente escalar, segundo o eixo Oy, da posição,  $y$ , da bola variava com o tempo,  $t$ , de acordo com a equação

$$y = 0,20 + 5,0 t^2 \quad (\text{SI})$$



22.1.1. Que distância percorreu a bola desde o instante em que foi abandonada até ao instante  $t = 0,30 \text{ s}$  ?

- (A) 0,85 m                      (B) 0,75 m                      (C) 0,65 m                      (D) 0,45 m

22.1.2. Explique porque é que se pode admitir que a força de resistência do ar não influenciou o movimento de queda da bola.

22.2. Considere que a bola, chegando ao solo com velocidade de módulo  $v$ , ressalta, dissipando 20% da sua energia mecânica.

Após o ressalto, a bola inicia a subida com velocidade de módulo

- (A)  $0,20 v$                       (B)  $\sqrt{0,20} v$                       (C)  $0,80 v$                       (D)  $\sqrt{0,80} v$

Nota: item de Física de 10.º ano (Energia e movimentos)

23. A figura representa uma torre de queda livre que dispõe de um elevador, E, onde os passageiros se sentam, firmemente amarrados. O elevador, inicialmente em repouso, cai livremente a partir da posição A, situada a uma altura  $h$  em relação ao solo, até à posição B. Quando atinge a posição B, passa também a ser atuado por uma força de travagem constante, chegando ao solo com velocidade nula.

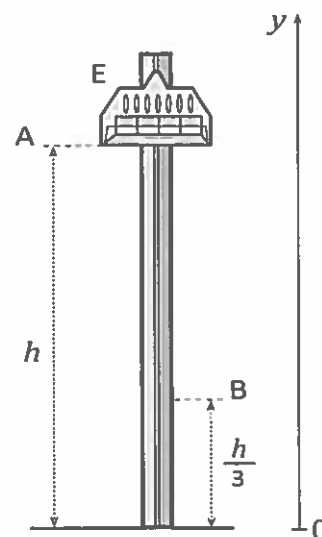
O elevador foi dimensionado de modo a atingir a posição B com velocidade de módulo  $30,3 \text{ m s}^{-1}$ .

Considere o referencial de eixo vertical, com origem no solo, representado na figura, e recorra exclusivamente às equações que traduzem o movimento,  $y(t)$  e  $v(t)$ .

Considere desprezáveis a resistência do ar e todos os atritos entre a posição A e o solo.

Calcule a distância a que o ponto B se encontra do solo, sabendo que o módulo da aceleração do elevador, entre essas posições, é  $20 \text{ m s}^{-2}$ .

Apresente todas as etapas de resolução.



24. Conta a lenda que no século XVII o italiano Galileu Galilei tendo deixado cair uma pedra grande e uma pedra pequena do cimo da torre de Pisa, verificou que ambas chegavam ao chão, aproximadamente, ao mesmo tempo.

Qual é a pedra que deve, de facto, cair primeiro, se se ignorar a resistência do ar? A pedra grande, ou a pedra pequena? Ignorar a resistência do ar significa que se imagina que não há atmosfera.

Se fizermos a experiência na Terra, deixando cair dois objetos do mesmo material, um muito grande e outro muito pequeno, constatamos que cai primeiro o objeto maior. Somos, então, levados pela intuição a concluir que devia cair primeiro a pedra grande, mesmo que se «desligasse» a resistência do ar.

A Natureza nem sempre está, porém, de acordo com as nossas intuições mais imediatas. Se se «desligasse» a resistência do ar, a pedra grande e a pedra pequena cairiam ao mesmo tempo.

No chamado “tubo de Newton” (um tubo de vidro onde se faz o vácuo) pode-se deixar cair, da mesma altura, objetos diferentes, por exemplo, uma chave e uma pena, e observar que chegam ao fundo do tubo exatamente ao mesmo tempo. Esse instrumento permite efetuar, em condições ideais, a hipotética experiência de Galileu na torre de Pisa.

Carlos Fiolhais, *Física Divertida*, Gradiva, 1991 (adaptado)

- 24.1. Na ausência de resistência do ar, o tempo de queda de um objeto depende

- (A) da sua forma.
- (B) da sua massa.
- (C) da sua densidade.
- (D) da altura de queda.

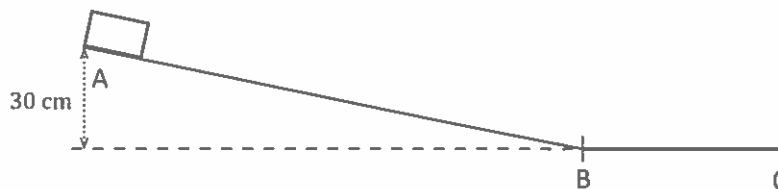
- 24.2. Considere um objeto que, após ter sido abandonado do cimo da torre de Pisa, cai verticalmente até ao solo. Sendo apreciável o efeito da resistência do ar sobre esse objeto, ele acaba por atingir a velocidade terminal.

Escreva um texto, no qual caracterize o movimento de queda desse objeto, abordando os seguintes tópicos:

- Identificação das forças que sobre ele atuam, descrevendo o modo como variam as intensidades dessas forças, durante a queda;
- Descrição, fundamentada, da variação do módulo da sua aceleração durante a queda;
- Identificação dos dois tipos de movimento que ele adquire durante a queda.

- 24.3. Nos seus estudos sobre o movimento dos corpos, para além da experiência descrita no texto, Galileu terá idealizado outras, utilizando planos inclinados.

Analogamente, é habitual usar, nos laboratórios das escolas, calhas para o estudo dos movimentos.



A figura representa uma calha, inclinada entre os pontos A e B, que termina num troço horizontal BC. O desnível entre o ponto A e o troço horizontal é de 30 cm.

Um bloco, de massa 100 g, colocado no ponto A, desliza ao longo da calha, atingindo o ponto C com velocidade nula. Entre os pontos A e B considera-se desprezável o atrito. Entre os pontos B e C a superfície da calha é rugosa e, por isso, passa a atuar sobre o bloco uma força de atrito de intensidade 0,50 N.

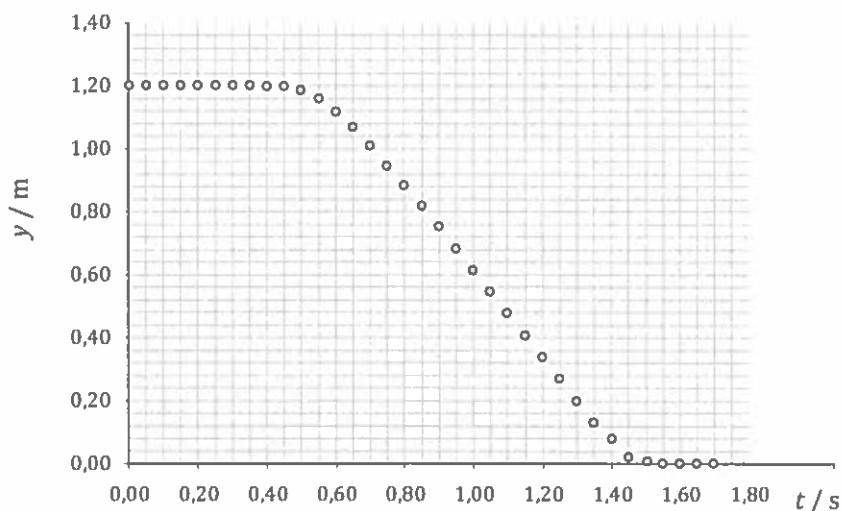
Calcule o tempo que o bloco demora a percorrer o troço BC.

Apresente todas as etapas de resolução.

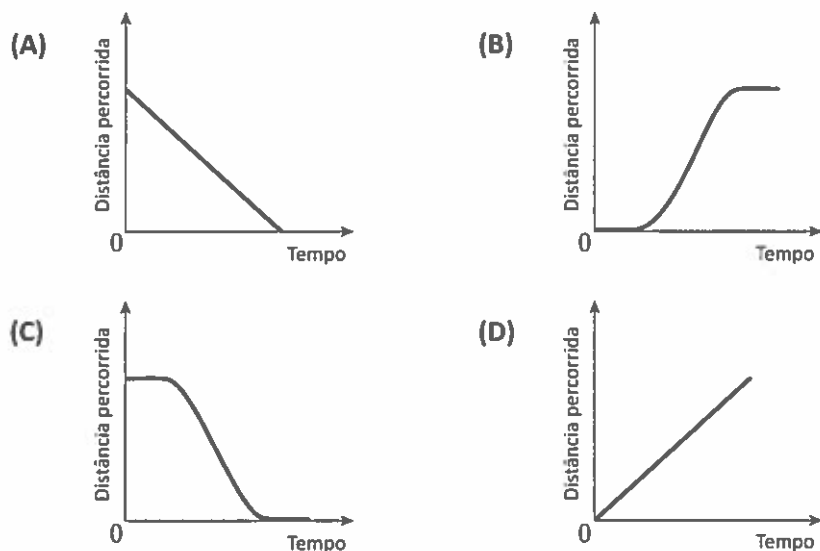
25. Um pequeno objeto de papel, abandonado de uma certa altura, cai verticalmente até ao solo, segundo uma trajetória retilínea, coincidente com o eixo  $Oy$  de um referencial unidimensional. Admita que o objeto de papel pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

- 25.1. Considere, numa primeira situação, que o objeto de papel cai no ar.

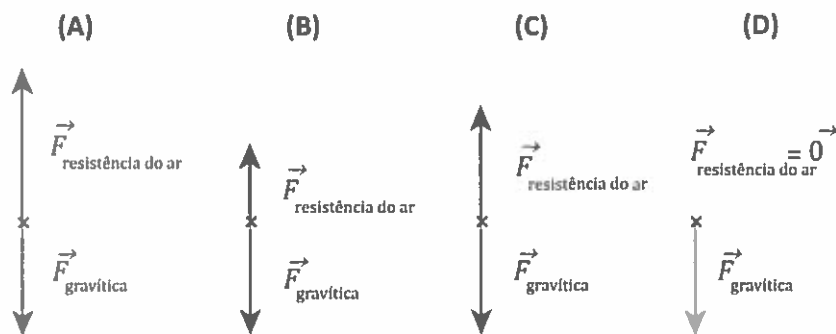
Na figura, está representado o gráfico da componente escalar, segundo o eixo  $Oy$ , da posição,  $y$ , do objeto de papel em função do tempo,  $t$ . Os dados registados foram adquiridos com um sensor de movimento.



25.1.1. Qual é o esboço do gráfico que pode representar a distância percorrida pelo objeto de papel durante o intervalo de tempo em que os dados foram registados?



25.1.2. Em qual dos esquemas seguintes estão corretamente representadas, para o intervalo de tempo  $[0,90; 1,30]$  s, as forças que atuam no objeto de papel?



25.1.3. Admita que a massa do objeto de papel é 0,23 g.

Calcule a energia dissipada pelo sistema *objeto de papel + Terra* no intervalo de tempo  $[0,90; 1,30]$  s.

Apresente todas as etapas de resolução.

Nota: item com conteúdos de Física de 10.º ano (Energia e movimentos)

25.2. Considere agora, numa segunda situação, que o objeto de papel, abandonado da mesma altura (1,20 m), tem um movimento de queda livre.

Admita que o eixo  $Oy$  do referencial tem origem no solo e sentido positivo de baixo para cima.

25.2.1. Apresente o esboço do gráfico da componente escalar, segundo o eixo  $Oy$ , da posição,  $y$ , do objeto de papel em função do tempo,  $t$ , desde o instante em que é abandonado até chegar ao solo.

25.2.2. A equação  $v(t)$  da componente escalar, segundo o eixo  $Oy$ , da velocidade,  $v_y$ , do objeto de papel é

(A)  $v_y = 10t$     (B)  $v_y = -10t$     (C)  $v_y = 1,20 - 10t$     (D)  $v_y = 1,20 + 10t$

25.2.3. Qual das expressões seguintes permite calcular o tempo, em segundos (s), que o objeto de papel demorará a chegar ao solo se a altura da qual é abandonado se reduzir a metade?

(A)  $\frac{\sqrt{2 \times 1,20}}{g}$     (B)  $\sqrt{\frac{1,20}{2g}}$     (C)  $\frac{\sqrt{\frac{1,20}{2}}}{g}$     (D)  $\sqrt{\frac{1,20}{g}}$

25.2.4. Admita que, em simultâneo com o objeto de papel, se abandona da mesma altura uma esfera metálica de maior massa.

Se o objeto de papel e a esfera metálica caírem livremente, a esfera chegará ao solo com velocidade de

(A) igual módulo e energia cinética maior.

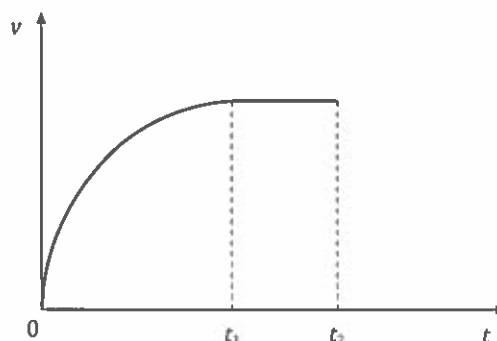
(B) igual módulo e energia cinética igual.

(C) maior módulo e energia cinética igual.

(D) maior módulo e energia cinética maior.

Nota: item de Física de 10.º ano (Energia e movimentos)

26. A figura representa um esboço de um gráfico que traduz o modo como varia o módulo da velocidade,  $v$ , de uma gota de água da chuva que cai verticalmente, em função do tempo,  $t$ .



26.1. Escreva um texto no qual aborde os seguintes tópicos:

- identificação, fundamentada no gráfico apresentado, dos tipos de movimento da gota de água;
- caracterização, fundamentada, da resultante das forças que atuam sobre a gota de água, no intervalo de tempo  $[0, t_1]$ ;
- identificação das forças que atuam sobre a gota de água, no intervalo de tempo  $[0, t_1]$ , e indicação do modo como variam as intensidades dessas forças, nesse intervalo de tempo.

- 26.2. No intervalo de tempo  $[t_1, t_2]$ , a energia cinética da gota de água
- (A) varia, e a energia mecânica do sistema *gota + Terra* diminui.
- (B) varia, e a energia mecânica do sistema *gota + Terra* aumenta.
- (C) mantém-se, e a energia mecânica do sistema *gota + Terra* diminui.
- (D) mantém-se, e a energia mecânica do sistema *gota + Terra* aumenta.

Nota: item de Física de 10.º ano (Energia e movimentos)

- 26.3. Admita que se estudou, em laboratório, o movimento de queda de diversas gotas de água. Considere um referencial unidimensional, com origem no solo e sentido positivo de baixo para cima.

Deixou-se cair uma gota de água, de uma altura de 1,70 m, no interior de uma coluna onde se fez previamente o vácuo e cuja base se situava ao nível do solo.

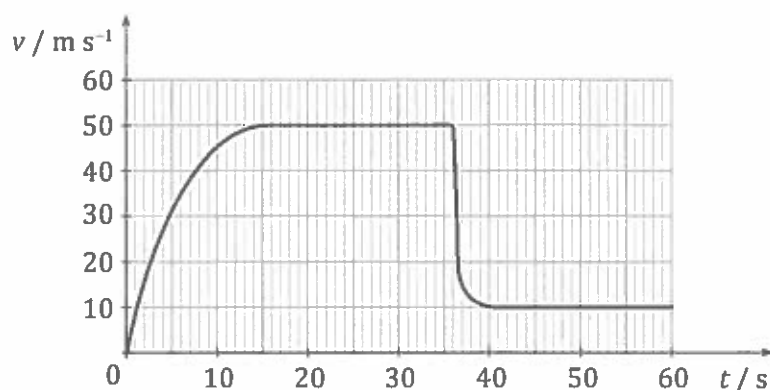
Determine a componente escalar da velocidade com que a gota chegou à base da coluna.

Recorra exclusivamente às equações que traduzem o movimento,  $y(t)$  e  $v(t)$ .

Apresente todas as etapas de resolução.

27. Considere um sistema *paraquedista + paraquedas* em queda vertical.

Na figura, está representado o gráfico do módulo da velocidade,  $v$ , desse sistema, de massa 100 kg, em função do tempo,  $t$ , de queda, nos primeiros 60 s do movimento.



Considere que o sistema *paraquedista + paraquedas* pode ser representado pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

- 27.1. No modelo da partícula material, considera-se apenas um tipo de movimento do sistema *paraquedista + paraquedas*.

Que tipo de movimento se considera neste modelo?

Nota: item de Física de 10.º ano (Energia e movimentos)

- 27.2. Em qual dos intervalos de tempo seguintes, a resultante das forças que atuaram no sistema *paraquedista + paraquedas* teve o sentido contrário ao do movimento do sistema?
- (A) [0; 10] s  
(B) [25; 35] s  
(C) [36; 39] s  
(D) [45; 60] s
- 27.3. Qual foi a variação da energia cinética do sistema *paraquedista + paraquedas*, no intervalo de tempo [35; 42] s?
- (A)  $-1,2 \times 10^5$  J  
(B)  $1,2 \times 10^5$  J  
(C)  $-8,0 \times 10^4$  J  
(D)  $8,0 \times 10^4$  J

Nota: item de Física de 10.º ano (Energia e movimentos)

- 27.4. No intervalo de tempo [45; 60] s, o sistema *paraquedista + paraquedas*
- (A) esteve parado.  
(B) moveu-se com uma aceleração de módulo  $10 \text{ m s}^{-2}$ .  
(C) percorreu 150 m.  
(D) não esteve sujeito à ação de forças.
- 27.5. Conclua se o trabalho realizado pela força gravítica que atua no sistema *paraquedista + paraquedas* foi positivo, negativo ou nulo, no intervalo de tempo [20; 35] s. Apresente num texto a fundamentação da conclusão solicitada.

Nota: item de Física de 10.º ano (Energia e movimentos)

- 27.6. Conclua sobre a variação da intensidade da força de resistência do ar que atuou no sistema *paraquedista + paraquedas*, no intervalo de tempo [0;15] s. Apresente num texto a fundamentação da conclusão solicitada, abordando os aspetos seguintes:
- identificação e caracterização, quanto ao sentido, das forças que atuaram no sistema *paraquedista + paraquedas*, no intervalo de tempo considerado;
  - explicação, com base no gráfico da figura, da variação do módulo da aceleração do sistema, no intervalo de tempo considerado, e referência à consequente variação da intensidade da resultante das forças que atuaram no sistema;
  - conclusão sobre a variação da intensidade da força de resistência do ar, no intervalo de tempo considerado.

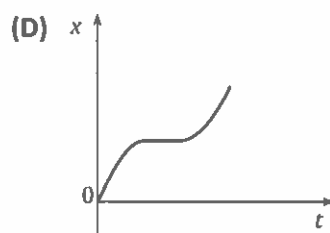
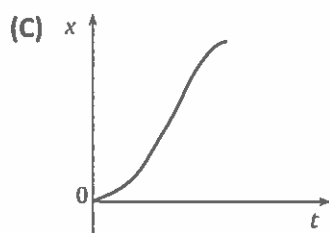
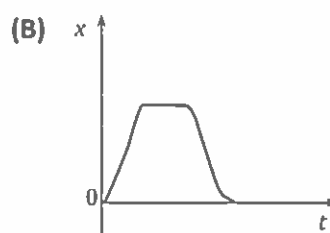
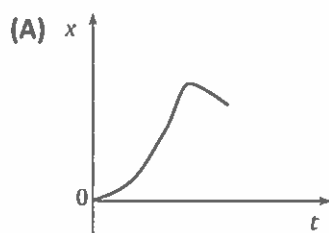


28. Os sistemas de navegação modernos recorrem a recetores GPS, que recebem, em alto mar, sinais eletromagnéticos de um conjunto de satélites.

28.1. O esboço abaixo representa uma imagem estroboscópica do movimento de um barco, entre os pontos A e B.



Qual dos seguintes esboços de gráfico pode traduzir a posição,  $x$ , do barco, em relação ao referencial representado, em função do tempo decorrido?



28.2. Cada um dos satélites do sistema GPS descreve órbitas aproximadamente circulares, com um período de 12 horas.

28.2.1. Indique, justificando, se os satélites do sistema GPS são geostacionários.

28.2.2. Qual das expressões seguintes permite calcular, em  $\text{rad s}^{-1}$ , o módulo da velocidade angular de um satélite GPS?

(A)  $2\pi \times 12 \times 3600 \text{ rad s}^{-1}$

(B)  $\frac{2\pi \times 12}{3600} \text{ rad s}^{-1}$

(C)  $\frac{2\pi \times 3600}{12} \text{ rad s}^{-1}$

(D)  $\frac{2\pi}{12 \times 3600} \text{ rad s}^{-1}$

28.2.3. Os satélites do sistema GPS deslocam-se a uma velocidade de módulo  $3,87 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$ .

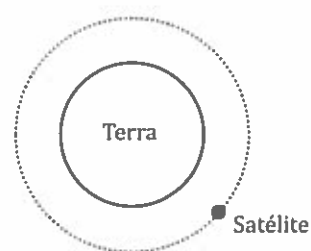
Determine o tempo que um sinal eletromagnético, enviado por um desses satélites, leva a chegar ao recetor se o satélite e o recetor se encontrarem numa mesma vertical de lugar.

Apresente todas as etapas de resolução.

**raio da Terra =  $6,4 \times 10^6 \text{ m}$**

29. Os satélites artificiais da Terra podem ter órbitas praticamente circulares ou órbitas elípticas, consoante a aplicação a que se destinam.

29.1. A figura representa um satélite, em órbita à volta da Terra, com movimento circular uniforme.



Trace, na figura, os vetores que representam a velocidade do satélite e a força que o mantém em órbita à volta da Terra.

29.2. O telescópio espacial *Hubble* descreve órbitas praticamente circulares, de raio  $7,0 \times 10^6$  m, levando cerca de  $5,76 \times 10^3$  s a completar uma volta em torno da Terra.

Qual das expressões seguintes permite calcular, em  $\text{m s}^{-1}$ , o módulo da velocidade desse satélite?

- (A)  $\frac{7,0 \times 10^6}{2\pi \times 5,76 \times 10^3} \text{ m s}^{-1}$                       (B)  $\frac{2\pi \times 5,76 \times 10^3}{7,0 \times 10^6} \text{ m s}^{-1}$   
 (C)  $2\pi \times 7,0 \times 10^6 \times 5,76 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$                       (D)  $\frac{2\pi \times 7,0 \times 10^6}{5,76 \times 10^3} \text{ m s}^{-1}$

29.3. Se a distância de um satélite ao centro da Terra \_\_\_\_\_, a intensidade da força que a Terra exerce sobre ele \_\_\_\_\_.

- (A) se reduzisse a metade ... quadruplicaria                      (B) duplicasse ... quadruplicaria  
 (C) duplicasse ... duplicaria                      (D) se reduzisse a metade ... duplicaria

30. Considere um satélite artificial, em órbita aproximadamente circular em torno da Terra, a uma altitude aproximada de 705 km.

Determine o número de órbitas completas descritas pelo satélite em 24 horas.

Apresente todas as etapas de resolução.

$$m_{\text{Terra}} \text{ (massa da Terra)} = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$$

$$r_{\text{Terra}} \text{ (raio da Terra)} = 6,4 \times 10^6 \text{ m}$$

31. Em 1945, Arthur C. Clarke, numa revista de eletrónica amadora, avançou com uma das maiores ideias das ciências espaciais: o satélite geoestacionário. O artigo especulava sobre a possibilidade de uma rede de satélites fornecer uma cobertura radiofónica à escala mundial.

Um satélite geoestacionário devia situar-se numa órbita especial, a chamada órbita de Clarke. Essa órbita, sobre o equador da Terra e a cerca de  $3,6 \times 10^4$  km de altitude, está hoje povoada de satélites, não só de comunicações, como de meteorologia. Porquê  $3,6 \times 10^4$  km? É só fazer as contas, usando a segunda lei de Newton e a lei da gravitação universal. Aprende-se na Física do 11.º ano que um satélite a essa altitude demora um dia a dar a volta à Terra. Como a Terra também dá uma volta completa em torno do seu eixo nesse intervalo de tempo, um satélite geoestacionário é visto do equador da Terra como estando permanentemente parado.

Carlos Fiolhais, «Arthur C. Clarke: da órbita ao elevador espacial», *Gazeta de Física*, vol. 30, n.º 3/4, 2007 (adaptado)

31.1. Considere um local à superfície da Terra situado a  $3,6 \times 10^4$  km de um satélite geoestacionário.

Qual das expressões seguintes permite calcular o tempo, em segundos (s), que um sinal eletromagnético enviado por esse satélite demora a chegar àquele local?

- (A)  $\frac{3,6 \times 10^4}{3,00 \times 10^8}$  s      (B)  $\frac{3,6 \times 10^4 \times 10^3}{3,00 \times 10^8}$  s  
(C)  $\frac{3,00 \times 10^8}{3,6 \times 10^4}$  s      (D)  $\frac{3,00 \times 10^8}{3,6 \times 10^4 \times 10^3}$  s

Nota: item com conteúdos de Física de 11.º ano (Ondas e eletromagnetismo)

31.2. Verifique, partindo da segunda lei de Newton e da lei da gravitação universal, que um satélite a  $3,6 \times 10^4$  km de altitude demora um dia a dar a volta à Terra.

Apresente todas as etapas de resolução.

$$\text{raio da Terra} = 6,4 \times 10^6 \text{ m}$$

$$\text{massa da Terra} = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$$

32. O primeiro satélite português, o PoSAT-1, de massa 50 kg, descrevia, no seu tempo de vida útil, uma órbita aproximadamente circular, de raio  $7,2 \times 10^6$  m, com um período de 101 minutos.

32.1. Verifique que a intensidade da força gravítica que atuava no satélite, na órbita considerada, é cerca de  $\frac{4}{5}$  da intensidade da força gravítica que atuaria no mesmo satélite, se este se encontrasse à superfície da Terra.

Apresente todas as etapas de resolução.

32.2. O módulo da velocidade com que um satélite descreve uma órbita

- (A) depende da sua massa e do raio da órbita.  
(B) depende da sua massa, mas é independente do raio da órbita.  
(C) é independente da sua massa, mas depende do raio da órbita.  
(D) é independente da sua massa e do raio da órbita.

33. O telescópio espacial *Hubble* descreve, em torno da Terra, uma órbita praticamente circular, com velocidade de módulo constante,  $v$ , a uma altitude de cerca de  $5,9 \times 10^2$  km.

33.1. Conclua, justificando, se a aceleração do telescópio *Hubble* é nula.

33.2. Calcule o tempo que o telescópio *Hubble* demora a descrever uma órbita completa.

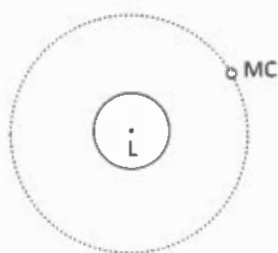
Considere  $v = \sqrt{\frac{G m_T}{r_{\text{órbita}}}}$

Apresente todas as etapas de resolução.

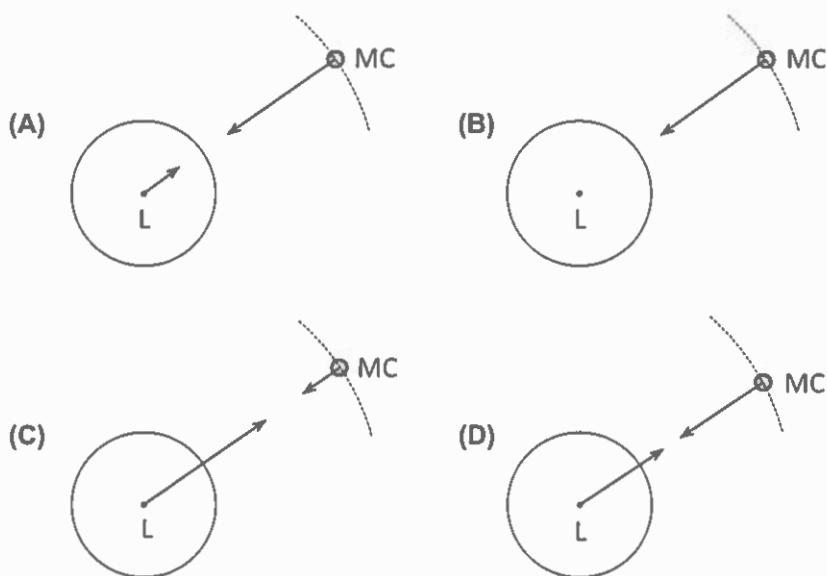
$$m_T \text{ (massa da Terra)} = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$$

$$r_T \text{ (raio da Terra)} = 6,4 \times 10^6 \text{ m}$$

34. Enquanto os astronautas N. Armstrong e E. Aldrin, da missão *Apollo 11*, recolhiam amostras na superfície lunar, o seu colega M. Collins permanecia no Módulo de Comando (MC), em órbita à volta da Lua (L), como representado na figura (a figura não está representada à escala).



Tendo em conta a situação descrita, selecione o diagrama que representa as forças de interação entre o Módulo de Comando e a Lua.



35. Uma bola, de massa 57,0 g, foi atada a uma corda e posta a rodar, num mesmo plano horizontal, descrevendo circunferências de raio 0,30 m, com velocidade de módulo constante.

35.1. Considere o trabalho realizado pela força gravítica que atua na bola,  $W_{\vec{F}_g}$ .

Quando a bola descreve metade de uma circunferência, a energia potencial gravítica do sistema *bola + Terra*

- (A) não se mantém constante e  $W_{\vec{F}_g} = 0$
- (B) não se mantém constante e  $W_{\vec{F}_g} \neq 0$
- (C) mantém-se constante e  $W_{\vec{F}_g} = 0$
- (D) mantém-se constante e  $W_{\vec{F}_g} \neq 0$

Nota: item de Física de 10.º ano (Energia e movimento)

35.2. Admita que a bola descreve cada uma das circunferências em 1,0 s.

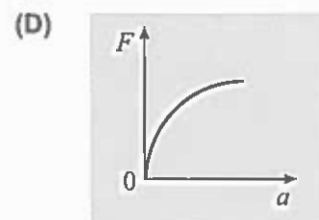
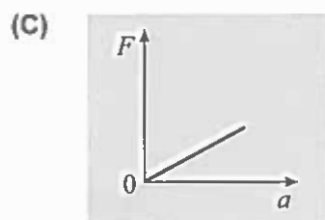
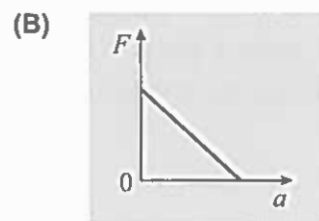
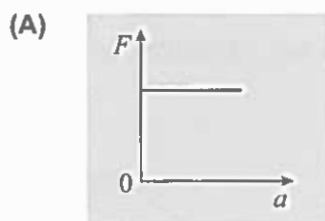
Determine a intensidade da resultante das forças que atuam na bola.

Apresente todas as etapas de resolução.

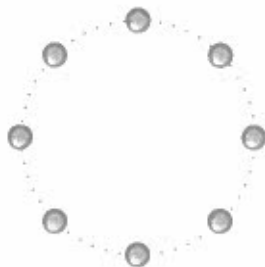
36. Uma bola, atada a uma corda, descreve trajetórias circulares num mesmo plano horizontal.

Considere que a bola pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

36.1. Qual dos esboços de gráfico seguintes pode representar a intensidade da resultante das forças que atuam na bola,  $F$ , em função do módulo da aceleração,  $a$ , da bola?



- 36.2. Na figura, está representada uma imagem estroboscópica de um movimento da bola, no qual a trajetória descrita pela bola é uma circunferência de raio 30 cm. Nessa imagem estroboscópica, as posições da bola foram registadas a intervalos de tempo de  $4,0 \times 10^{-2}$  s.



Determine o módulo da aceleração da bola no movimento considerado.

Apresente todas as etapas de resolução.

37. Na figura, está representado um carrossel. Quando o carrossel está em movimento, cada um dos cavalinhos move-se com movimento circular uniforme.



- 37.1. Se um cavalinho efetuar quatro rotações por minuto, o módulo da sua velocidade angular será

(A)  $\frac{2}{15} \pi \text{ rad s}^{-1}$       (B)  $8 \pi \text{ rad s}^{-1}$       (C)  $\frac{1}{2} \pi \text{ rad s}^{-1}$       (D)  $30 \pi \text{ rad s}^{-1}$

- 37.2. Quando o carrossel está em movimento, os cavalinhos A e B descrevem circunferências de raios diferentes.

Conclua, justificando, qual dos cavalinhos, A ou B, tem maior aceleração.

38. Considere uma roda que, tendo apenas movimento de rotação em torno do seu eixo, efetua 50 rotações, em cada minuto, durante um determinado intervalo de tempo.

38.1. O módulo da velocidade angular da roda, em radianos por segundo, no intervalo de tempo considerado, pode ser calculado pela expressão

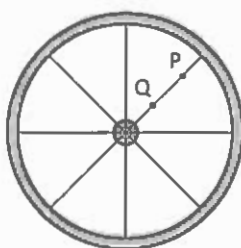
(A)  $\left(\frac{2\pi \times 50}{60}\right) \text{ rad s}^{-1}$

(B)  $\left(\frac{2\pi}{50 \times 60}\right) \text{ rad s}^{-1}$

(C)  $(2\pi \times 50 \times 60) \text{ rad s}^{-1}$

(D)  $\left(\frac{2\pi \times 60}{50}\right) \text{ rad s}^{-1}$

38.2. Na figura estão representados essa roda e dois pontos, P e Q, de um dos seus raios.



O módulo da aceleração do ponto P, no intervalo de tempo considerado, é

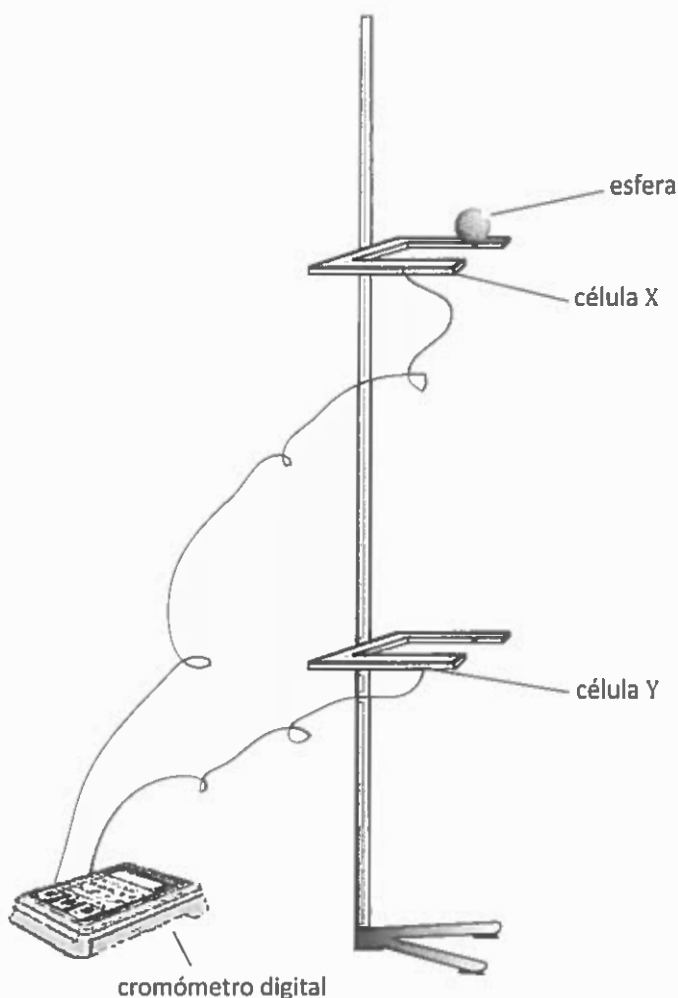
(A) superior ao módulo da aceleração do ponto Q.

(B) inferior ao módulo da aceleração do ponto Q.

(C) igual ao módulo da aceleração do ponto Q, sendo ambos nulos.

(D) igual ao módulo da aceleração do ponto Q, sendo ambos diferentes de zero.

39. Para investigar se o módulo da aceleração da gravidade depende da massa dos corpos em queda livre e da altura de queda, um grupo de alunos usou duas células fotoelétricas, X e Y, ligadas a um cronómetro digital, e diversas esferas de um mesmo material, mas com diâmetros diferentes. A figura representa um esquema da montagem utilizada.



Os alunos começaram por medir, com uma craveira, o diâmetro,  $d$ , de cada uma das esferas.

Realizaram, seguidamente, diversos ensaios, para determinarem:

- o tempo que cada esfera demora a percorrer a distância entre as células X e Y,  $\Delta t_{\text{queda}}$  ;
- o tempo que cada esfera demora a passar em frente à célula Y,  $\Delta t_Y$ .

Os alunos tiveram o cuidado de largar cada esfera sempre da mesma posição inicial, situada imediatamente acima da célula X, de modo a poderem considerar nula a velocidade com que a esfera passava nessa célula ( $v_x = 0$ ).



39.1. Para uma dada esfera, os alunos obtiveram os valores mais prováveis do diâmetro,  $d$ , e do tempo de passagem da esfera pela célula Y,  $\Delta t_Y$ :

- $d = 2,860$  cm
- $\Delta t_Y = 12,3 \times 10^{-3}$  s

Os alunos usaram a expressão  $v_Y = \frac{d}{\Delta t_Y}$  (que se refere a um movimento retilíneo uniforme) para calcular um valor aproximado da velocidade,  $v_Y$ , com que a esfera passa na célula Y.

39.1.1. Explique por que é possível utilizar-se aquela expressão no cálculo do valor aproximado da velocidade  $v_Y$ .

39.1.2. Os alunos obtiveram, em três ensaios consecutivos, os valores de tempo que a esfera demora a percorrer a distância entre as células X e Y,  $\Delta t_{\text{queda}}$ , apresentados na tabela seguinte.

Ensaio	$\Delta t_{\text{queda}} / \text{s}$
1.º	0,2279
2.º	0,2268
3.º	0,2270

Calcule o valor experimental da aceleração da gravidade obtido pelos alunos a partir das medidas efetuadas.

Apresente todas as etapas de resolução.

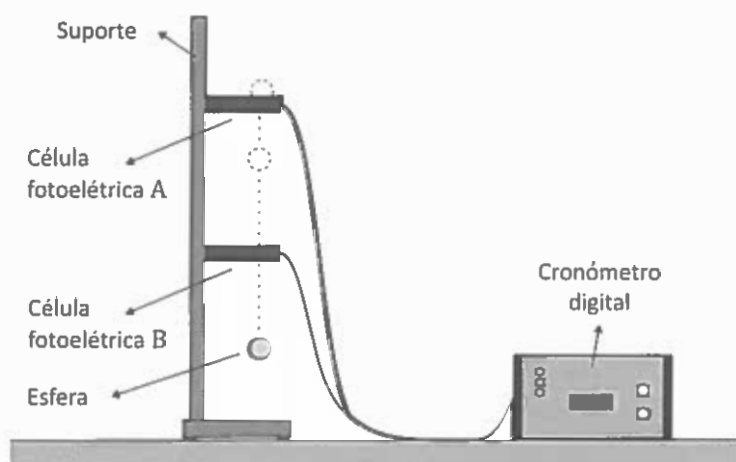
39.2. A tabela seguinte apresenta alguns dos valores experimentais da aceleração da gravidade, expressos em  $\text{m s}^{-2}$ , obtidos pelos alunos, utilizando esferas de massas diferentes e alturas de queda diferentes.

Altura de queda / cm	Massa da esfera / g		
	70	85	100
22	10,2	10,0	10,3
26	10,1	10,0	10,2
30	10,1	10,3	10,2

A partir dos resultados experimentais obtidos, podemos concluir que o módulo da aceleração da gravidade \_\_\_\_\_ da massa dos corpos em queda e que \_\_\_\_\_ da altura de queda.

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

40. A figura representa uma montagem que foi utilizada na determinação experimental do módulo da aceleração gravítica.



Nos vários ensaios realizados, abandonou-se uma esfera sempre da mesma posição inicial, imediatamente acima da célula fotoelétrica A.

- 40.1. Numa primeira experiência, mantendo as células fotoelétricas à mesma distância uma da outra, mediu-se o tempo que a esfera demorou a percorrer a distância entre as células A e B,  $t_{A \rightarrow B}$ , e o tempo que a esfera demorou a passar em frente da célula B,  $t_B$ .

- 40.1.1. Num conjunto de ensaios, realizados nas mesmas condições, obtiveram-se os valores de  $t_B$  apresentados na tabela seguinte.

Ensaio	$t_B$ / ms
1.º	8,84
2.º	8,78
3.º	8,79

Qual é, para esse conjunto de ensaios, o resultado da medição de  $t_B$ ?

- (A)  $t_B = (8,80 \pm 0,01)$  ms  
 (B)  $t_B = (8,80 \pm 0,06)$  ms  
 (C)  $t_B = (8,80 \pm 0,05)$  ms  
 (D)  $t_B = (8,80 \pm 0,04)$  ms

**40.1.2.** Dividindo o diâmetro da esfera por  $t_B$ , determina-se um valor aproximado do módulo da velocidade da esfera no instante em que esta se encontra em frente da célula fotoelétrica B,  $v_B$ .

**40.1.2.1.** Ao determinar  $v_B$  por este método, que aproximação se faz?

**40.1.2.2.** O cálculo de  $v_B$  pressupõe que a esfera interrompe o feixe luminoso da célula B pelo seu diâmetro. No entanto, um erro experimental frequente decorre de a esfera interromper, de facto, o feixe luminoso por uma dimensão inferior ao seu diâmetro.

Quando este erro ocorre, o valor de  $v_B$  calculado é \_\_\_\_\_ ao verdadeiro, o que determina um erro por \_\_\_\_\_ no valor experimental do módulo da aceleração gravítica.

- (A) superior ... excesso
- (B) superior ... defeito
- (C) inferior ... excesso
- (D) inferior ... defeito

**40.1.3.** No cálculo do módulo da aceleração gravítica, que valor deverá ser considerado para o módulo da velocidade da esfera no instante em que esta se encontra em frente da célula fotoelétrica A?

**40.2.** Numa segunda experiência, variando a distância entre as células A e B, foi possível determinar o módulo da aceleração gravítica a partir do gráfico do quadrado do tempo que a esfera demorou a percorrer a distância entre as células,  $t_{A-B}^2$ , em função da distância percorrida,  $\Delta y$ .

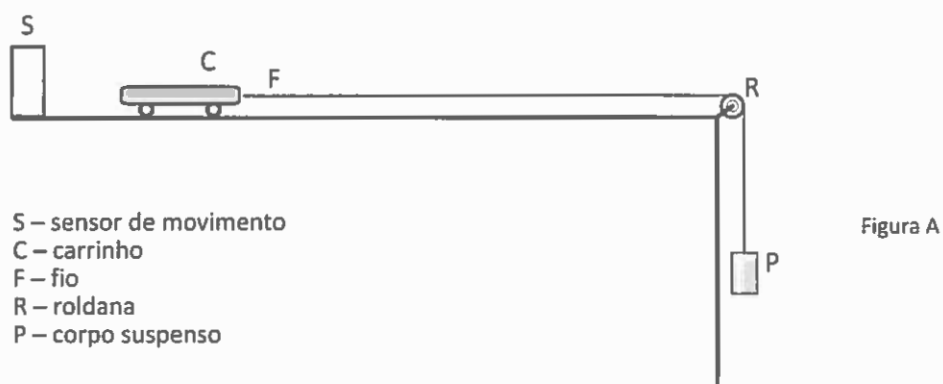
A partir dos valores obtidos, determinou-se a equação da reta que melhor se ajusta ao conjunto de pontos do gráfico:

$$t_{A-B}^2 = 0,198 \Delta y - 0,001 \quad (\text{SI})$$

Determine o erro percentual (erro relativo, em percentagem) do módulo da aceleração gravítica obtido nesta experiência, tomando como referência o valor  $9,8 \text{ m s}^{-2}$ .

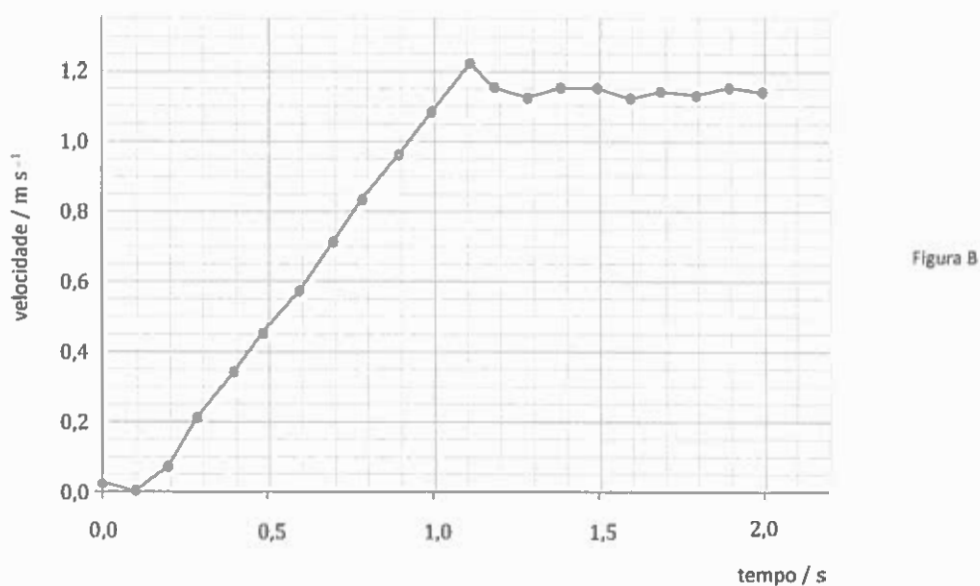
Apresente todas as etapas de resolução.

41. Para investigar se um corpo se pode manter em movimento quando a resultante do sistema de forças que sobre ele atua é nula, um grupo de alunos fez a montagem representada na figura A, utilizando material de atrito reduzido.



Os alunos tiveram o cuidado de utilizar um fio F de comprimento tal que permitisse que o corpo P embatesse no solo, antes de o carrinho C chegar ao fim da superfície horizontal, sobre a qual se movia.

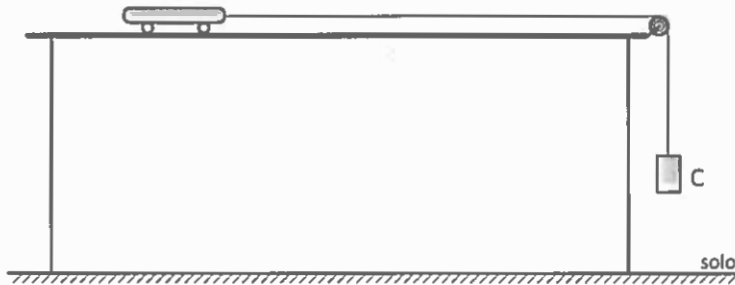
Com os dados fornecidos pelo sensor S, obtiveram, num computador, o gráfico do valor da velocidade do carrinho, em função do tempo, representado na figura B.



- 41.1. O embate do corpo P com o solo terá ocorrido no intervalo de tempo

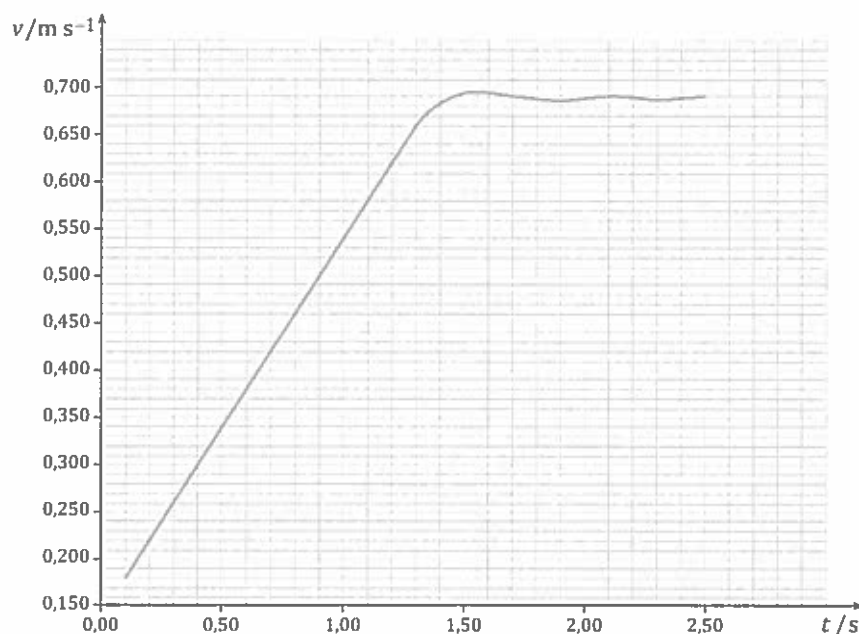
- (A) [0,1; 0,2] s
- (B) [0,7; 0,8] s
- (C) [1,1; 1,2] s
- (D) [1,6; 1,7] s

- 41.2. Por que motivo «os alunos tiveram o cuidado de utilizar um fio F de comprimento tal que permitisse que o corpo P embatesse no solo, antes de o carrinho C chegar ao fim da superfície horizontal, sobre a qual se movia»?
- 41.3. Analise os resultados obtidos pelos alunos, elaborando um texto no qual aborde os seguintes tópicos:
- identificação das forças que atuaram sobre o carrinho, antes e depois do embate do corpo P com o solo;
  - identificação dos dois tipos de movimento do carrinho, ao longo do percurso considerado, explicitando os intervalos de tempo em que cada um deles ocorreu;
  - resposta ao problema proposto, fundamentada nos resultados da experiência.
42. A figura representa uma montagem utilizada numa atividade laboratorial. Nessa atividade, um carrinho move-se sobre uma calha horizontal, ligado por um fio a um corpo C que cai na vertical.



- 42.1. Durante o movimento do carrinho ao longo da calha, a força gravítica que nele atua é equilibrada pela
- (A) força normal exercida pela calha no carrinho, constituindo estas forças um par ação-reação.
- (B) força que o carrinho exerce na calha, constituindo estas forças um par ação-reação.
- (C) força normal exercida pela calha no carrinho, não constituindo estas forças um par ação-reação.
- (D) força que o carrinho exerce na calha, não constituindo estas forças um par ação-reação.

- 42.2. A figura seguinte representa o gráfico do módulo da velocidade,  $v$ , do carrinho em função do tempo,  $t$ , obtido na atividade laboratorial com um sistema de aquisição de dados adequado.



- 42.2.1. Desenhe o corpo C e dois vetores que possam representar as forças que nele atuaram enquanto caía na vertical, antes de embater no solo.  
Identifique aquelas forças e tenha em atenção o tamanho relativo dos vetores que as representam.
- 42.2.2. Determine a intensidade da resultante das forças que atuaram no carrinho, de massa 200,07 g, enquanto o fio esteve sob tensão.  
Apresente todas as etapas de resolução.
- 42.2.3. Explique porque é que os resultados experimentais permitem concluir que a resultante das forças de atrito que atuaram no carrinho foi desprezável.  
Tenha em consideração os resultados experimentais obtidos a partir do instante em que o corpo C embateu no solo.

---

**DOMÍNIO:**  
**Ondas e eletromagnetismo**

---

1. A extremidade de uma mola é posta a oscilar horizontalmente, conforme representado na figura.



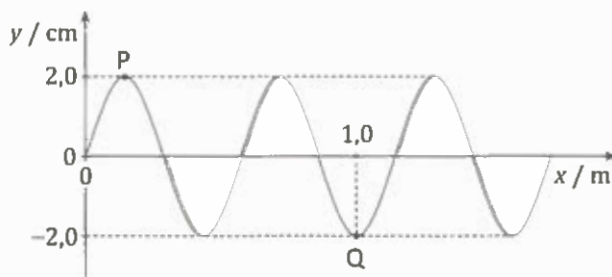
- 1.1. Indique, justificando, se a onda que se propaga na mola é transversal ou longitudinal.
- 1.2. Se o movimento da mão for mais rápido,
- (A) o período e a frequência da oscilação aumentam.
- (B) o período e a frequência da oscilação diminuem.
- (C) o período da oscilação aumenta, mas a frequência diminui.
- (D) o período da oscilação diminui, mas a frequência aumenta.
- 1.3. Considere que o afastamento,  $y$ , de uma espira em relação à sua posição de equilíbrio é descrito pela função

$$y = 0,01 \sin(3,3\pi t),$$

na qual as diversas grandezas estão expressas nas respetivas unidades SI.

Numa oscilação completa, a espira percorre uma distância de

- (A) 0,01 m.
- (B) 0,02 m.
- (C) 0,04 m.
- (D) 3,3 m.
2. Considere uma corda muito comprida, esticada na horizontal e com uma extremidade fixa. A outra extremidade é posta a oscilar na vertical.
- Na figura, estão representados uma porção da corda, num instante  $t$ , e dois pontos da corda, P e Q.
- Admita que o sinal produzido se propaga no sentido positivo do eixo dos  $xx$ , com velocidade de módulo  $3,0 \text{ m s}^{-1}$ .

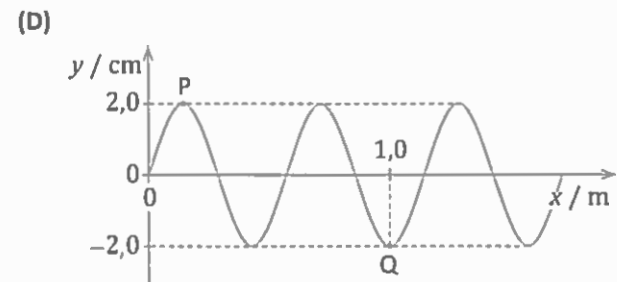
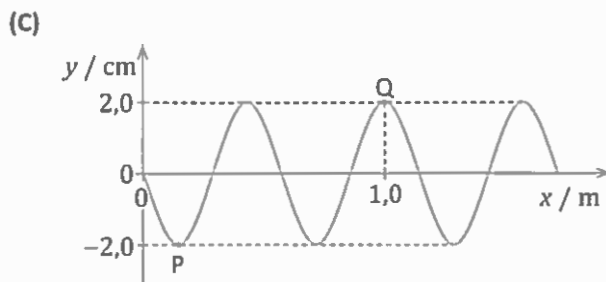
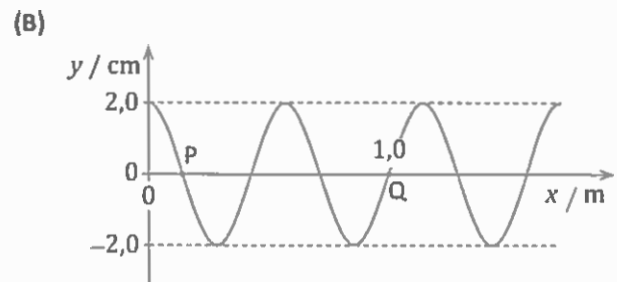
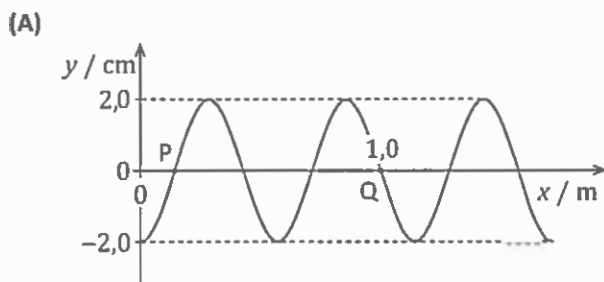




2.1. No movimento oscilatório considerado,

- (A) os pontos P e Q movem-se no sentido positivo do eixo dos  $xx$ .
- (B) os pontos P e Q percorrem distâncias diferentes numa oscilação completa.
- (C) a amplitude da oscilação dos pontos P e Q é 4,0 cm.
- (D) os pontos P e Q oscilam com frequências angulares iguais.

2.2. Qual das seguintes figuras pode representar a mesma porção da corda um quarto de período depois do instante  $t$  ?

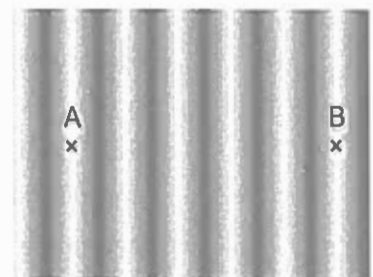


2.3. Determine o tempo que um ponto da corda demora a executar 5,0 oscilações completas.

Apresente todas as etapas de resolução.

3. Uma tina de ondas é um dispositivo que permite estudar algumas propriedades das ondas produzidas à superfície da água. Nas imagens obtidas com este dispositivo, as zonas claras correspondem a vales dessas ondas e as zonas escuras, a cristas.

A figura representa ondas planas produzidas numa tina de ondas, com o gerador de ondas ajustado para uma frequência de 6,0 Hz. Na experiência realizada, verificou-se que a distância entre os pontos A e B, representados na figura, era de 20,8 cm.



Calcule o módulo da velocidade de propagação das ondas na experiência descrita.

Apresente todas as etapas de resolução.

4. O diapasão, inventado pelo músico inglês John Shore em 1711, consiste numa barra de aço de secção quadrangular dobrada em forma de U, tal como se representa na figura. Batendo num dos ramos do diapasão, ele fica a vibrar, emitindo um som. Um mesmo diapasão vibra sempre com a mesma frequência, emitindo um som de maior ou de menor intensidade conforme a intensidade da força com que se lhe bate. No caso de o diapasão ser igual ao que se utiliza na afinação dos instrumentos musicais, o tempo de uma vibração é igual a  $\frac{1}{440}$  do segundo.



Rómulo de Carvalho, *História do telefone*, 2.ª ed., Atlântida, 1962 (adaptado)

- 4.1. Quanto maior for a intensidade da força com que se bate num dos ramos de um diapasão, mais
- (A) alto será o som emitido pelo diapasão.  
 (B) forte será o som emitido pelo diapasão.  
 (C) grave será o som emitido pelo diapasão.  
 (D) fraco será o som emitido pelo diapasão.
- 4.2. Qual é a frequência, expressa na unidade do Sistema Internacional (SI), do som emitido pelo diapasão que, de acordo com o texto, é utilizado na afinação dos instrumentos musicais?
- 4.3. O som emitido por um diapasão pode ser analisado se o sinal sonoro for convertido num sinal elétrico, que é registado num osciloscópio.
- 4.3.1. Identifique o dispositivo que deve ser ligado ao osciloscópio para que seja possível analisar o som emitido por um diapasão.

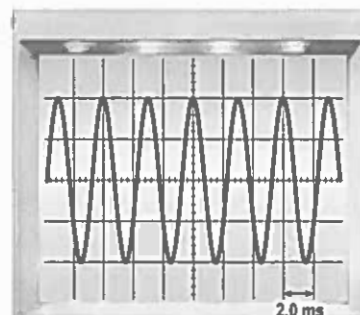
- 4.3.2. A figura representa o ecrã de um osciloscópio no qual está registado um sinal elétrico resultante da conversão de um sinal sonoro emitido por um diapasão.

Na experiência realizada, a base de tempo do osciloscópio estava regulada para 2,0 ms/div.

O valor tabelado da velocidade de propagação do som no ar, nas condições em que foi realizada a experiência, é  $343 \text{ m s}^{-1}$ .

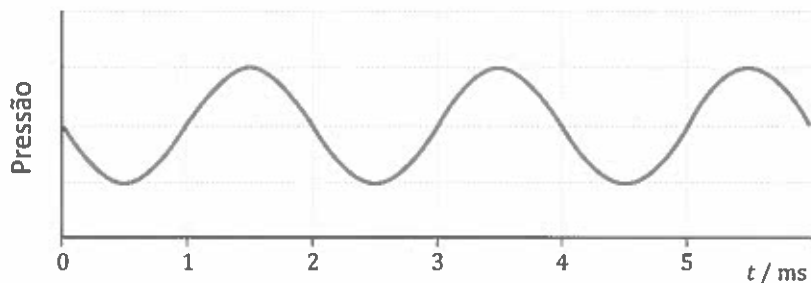
Determine o comprimento de onda do som, no ar, nas condições em que foi realizada a experiência.

Apresente todas as etapas de resolução.



5. Considere um sinal sonoro que se propaga no ar.

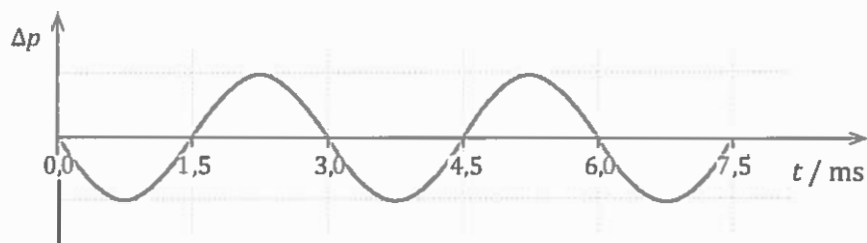
Na figura, está representada graficamente a pressão do ar, em função do tempo,  $t$ , num ponto onde o som foi detetado.



- 5.1. Por leitura direta do gráfico da figura, é possível obter, relativamente ao som detetado,
- (A) o comprimento de onda.
  - (B) a velocidade de propagação.
  - (C) o período.
  - (D) a frequência.
- 5.2. Se a frequência de vibração da fonte que origina o sinal sonoro aumentasse para o dobro, no mesmo meio de propagação, verificar-se-ia, relativamente ao som detetado, que
- (A) o comprimento de onda diminuiria para metade.
  - (B) o comprimento de onda aumentaria para o dobro.
  - (C) a velocidade de propagação aumentaria para o dobro.
  - (D) a velocidade de propagação diminuiria para metade.
- 5.3. Se esse som se propagar na água, terá
- (A) a mesma frequência e o mesmo comprimento de onda.
  - (B) a mesma frequência e o mesmo período.
  - (C) o mesmo período e o mesmo comprimento de onda.
  - (D) o mesmo período e a mesma velocidade de propagação.
- 5.4. Um sinal sonoro \_\_\_\_\_ de um meio material para se propagar, sendo as ondas sonoras \_\_\_\_\_ nos gases.
- (A) necessita ... transversais
  - (B) não necessita ... transversais
  - (C) não necessita ... longitudinais
  - (D) necessita ... longitudinais

6. Quando um sinal sonoro se propaga no ar, há variações da pressão em cada ponto.

O gráfico da figura representa a variação da pressão do ar,  $\Delta p$ , em relação à pressão de equilíbrio, em função do tempo,  $t$ , num ponto em que um som é detetado.



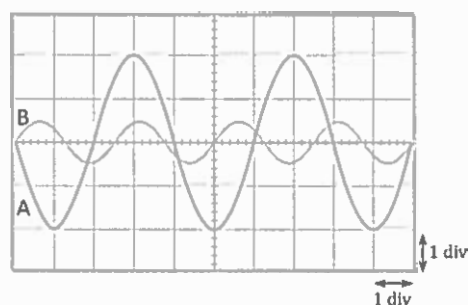
- 6.1. Qual é a frequência angular do sinal sonoro?

- (A)  $6,7 \times 10^2 \text{ rad s}^{-1}$
- (B)  $3,3 \times 10^2 \text{ rad s}^{-1}$
- (C)  $4,2 \times 10^3 \text{ rad s}^{-1}$
- (D)  $2,1 \times 10^3 \text{ rad s}^{-1}$

- 6.2. O gráfico mostra que, no intervalo de tempo  $[0,0 ; 7,5]$  ms,

- (A) a onda sonora é transversal.
- (B) a onda sonora é complexa.
- (C) a amplitude da variação da pressão no ponto considerado é constante.
- (D) a velocidade de propagação do sinal sonoro é constante.

7. Na figura, estão representados dois sinais elétricos, A e B, visualizados simultaneamente no ecrã de um osciloscópio, com a mesma base de tempo selecionada nos dois canais.



- 7.1. A frequência do sinal B é

- (A) 4 vezes superior à frequência do sinal A.
- (B) 1,6 vezes inferior à frequência do sinal A.
- (C) 1,6 vezes superior à frequência do sinal A.
- (D) 4 vezes inferior à frequência do sinal A.

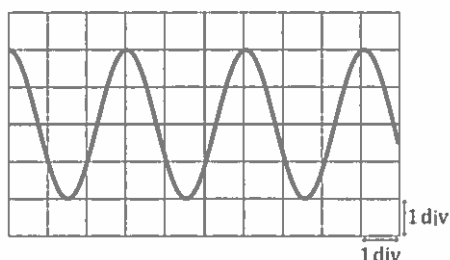
- 7.2. Verificou-se que o sinal A pode ser descrito pela equação

$$U = 2,0 \sin(5,0\pi \times 10^2 t) \quad (\text{SI})$$

A base de tempo do osciloscópio estava, assim, regulada para

- (A) 0,5 ms/div
- (B) 1 ms/div
- (C) 2 ms/div
- (D) 5 ms/div

8. A figura representa o ecrã de um osciloscópio, no qual está registado o sinal elétrico resultante da conversão de um sinal sonoro, de frequência 330 Hz, emitido por um diapasão.



- 8.1. A base de tempo do osciloscópio estava regulada para
- (A) 0,1 ms/div
  - (B) 1 ms/div
  - (C) 0,3 ms/div
  - (D) 3 ms/div
- 8.2. Se o diapasão for percutido com uma força de maior intensidade, o sinal elétrico registado no ecrã do osciloscópio terá
- (A) menor período e maior amplitude.
  - (B) menor período e a mesma amplitude.
  - (C) o mesmo período e a mesma amplitude.
  - (D) o mesmo período e maior amplitude.
9. Considere um sinal elétrico cuja tensão,  $U$ , varia com o tempo,  $t$ , de acordo com a expressão

$$U = 5,0 \sin(8,80 \times 10^2 \pi t) \quad (\text{SI})$$

Esse sinal tem

- (A) uma frequência angular de  $8,80 \times 10^2 \text{ rad s}^{-1}$ .
- (B) um período de  $7,14 \times 10^{-3} \text{ s}$ .
- (C) uma frequência angular de  $4,40 \times 10^2 \text{ rad s}^{-1}$ .
- (D) um período de  $2,27 \times 10^{-3} \text{ s}$ .

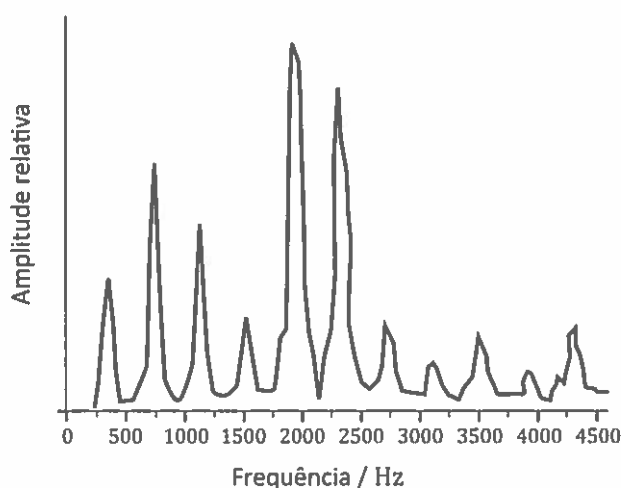
10. Uma bobina, cujos terminais estão ligados a um osciloscópio, roda numa zona do espaço onde existe um campo magnético uniforme.

A figura representa o sinal registado no ecrã do osciloscópio quando este tem a base de tempo regulada para 5 ms/div e a escala vertical regulada para 2 V/div.



Qual das expressões seguintes pode traduzir a tensão,  $U$ , desse sinal em função do tempo,  $t$ ?

- (A)  $U = 6,0 \sin(80\pi t)$  (SI)      (B)  $U = 6,0 \sin(1,2 \times 10^2 \pi t)$  (SI)  
 (C)  $U = 12,0 \sin(80\pi t)$  (SI)      (D)  $U = 12,0 \sin(1,2 \times 10^2 \pi t)$  (SI)
11. A figura representa o espectro do som emitido pela buzina de um carrinho de brincar.



O espectro representado permite concluir que o som emitido pela buzina do carrinho é

- (A) puro, resultando da sobreposição de várias frequências.  
 (B) intenso, porque algumas das suas frequências são muito elevadas.  
 (C) harmónico, podendo ser descrito por uma função sinusoidal.  
 (D) complexo, resultando da sobreposição de vários harmónicos.

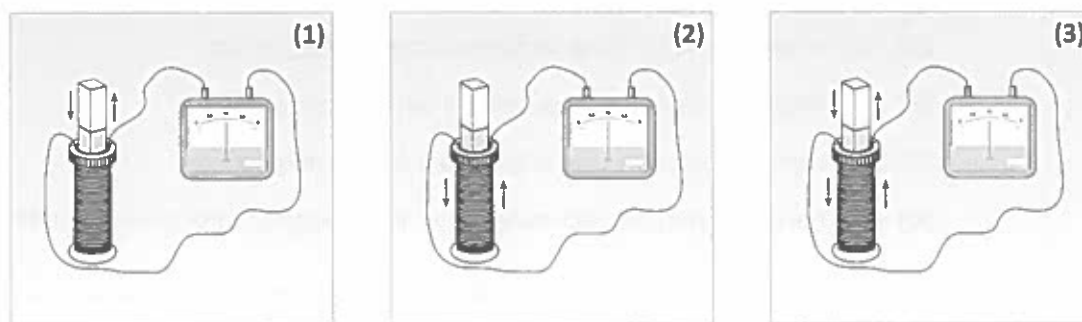
- 12.** Quando o astronauta Neil Armstrong pisou pela primeira vez o solo lunar, a 20 de julho de 1969, entrou num mundo estranho e desolado. Toda a superfície da Lua está coberta por um manto de solo poeirento. Não há céu azul, nuvens, nem fenómenos meteorológicos de espécie alguma, porque ali não existe atmosfera apreciável. O silêncio é total.

Dinah Moché, *Astronomia*, Gradiva, 2002 (adaptado)

- 12.1.** Tendo em conta a informação dada no texto, explique por que motivo, na Lua, «o silêncio é total».
- 12.2.** Uma vez que na Lua «o silêncio é total», os astronautas comunicavam entre si, mesmo a pequena distância, por meio de ondas eletromagnéticas.

Qualquer sinal sonoro, antes de poder ser enviado sob a forma de uma onda eletromagnética, deve ser transformado num sinal elétrico, recorrendo, por exemplo, a um microfone de indução. O funcionamento do microfone de indução baseia-se no fenómeno da indução eletromagnética, descoberto por Faraday.

Este fenómeno pode ser evidenciado com um íman e um circuito constituído apenas por uma bobina ligada a um galvanómetro.



- 12.2.1.** Nos diagramas da figura as setas indicam o movimento do íman e/ou da bobina.

Na situação representada no diagrama (3), a bobina e o íman deslocam-se simultaneamente, no mesmo sentido e com a mesma velocidade.

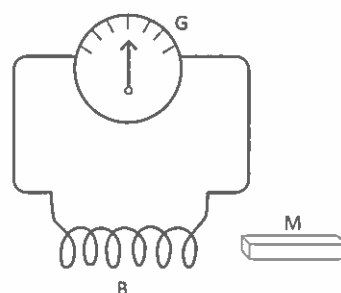
O ponteiro do galvanómetro movimenta-se apenas na(s) situação(ões) representada(s)

- (A) no diagrama (1). (B) no diagrama (3).  
 (C) nos diagramas (1) e (2). (D) nos diagramas (2) e (3).

- 12.2.2.** Quanto mais rápido é o movimento do íman no interior da bobina,

- (A) menor é o módulo da força eletromotriz induzida, sendo maior a energia que o circuito pode disponibilizar.  
 (B) maior é o módulo da força eletromotriz induzida, sendo menor a energia que o circuito pode disponibilizar.  
 (C) maior é o módulo da força eletromotriz induzida, sendo maior a energia que o circuito pode disponibilizar.  
 (D) menor é o módulo da força eletromotriz induzida, sendo menor a energia que o circuito pode disponibilizar.

13. Em 1831, Michael Faraday (1791-1867), um dos mais extraordinários homens do século XIX, descobriu a indução eletromagnética. Este fenómeno, na sua impressionante simplicidade, pode ser observado com uma montagem semelhante à representada na figura: liga-se um galvanómetro G (aparelho que indica a passagem de corrente eléctrica) a uma bobina B (fio condutor enrolado em espiral) e introduz-se, ao longo dessa bobina, uma barra magnetizada M. Imediatamente a agulha do galvanómetro se desloca, provando, assim, que o fio é percorrido por uma corrente eléctrica, embora na montagem não exista nem pilha, nem gerador de qualquer espécie. O simples movimento da barra magnetizada dá origem à corrente eléctrica.



Só existe corrente eléctrica no fio enquanto a barra se move. Se a barra parar, a agulha do galvanómetro regressa imediatamente a zero.

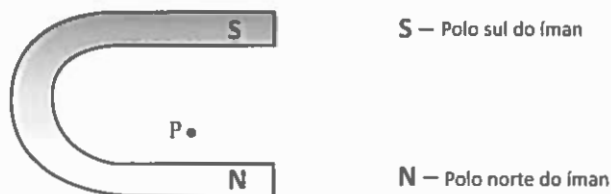
Rómulo de Carvalho, *História do Telefone*, 2.ª ed.,  
Coimbra, Atlântida, 1962, pp. 67-69 (adaptado)

- 13.1. A partir da experiência descrita no texto, conclui-se que
- (A) um campo eléctrico origina sempre um campo magnético.
  - (B) um campo magnético origina sempre uma corrente eléctrica.
  - (C) uma corrente eléctrica pode originar um campo magnético.
  - (D) uma barra magnetizada em movimento pode originar uma corrente eléctrica.
- 13.2. Na experiência descrita no texto, enquanto a barra magnetizada M estiver parada em relação à bobina B, a agulha do galvanómetro G estará no zero, porque, nesse intervalo de tempo,
- (A) a força eletromotriz induzida nos terminais da bobina é elevada.
  - (B) o campo magnético criado pela barra magnetizada é uniforme.
  - (C) o fluxo magnético através da bobina é pequeno.
  - (D) a variação do fluxo magnético através da bobina é nula.
- 13.3. Numa experiência semelhante à descrita no texto, o módulo da força eletromotriz induzida nos terminais da bobina será tanto maior quanto
- (A) menor for o número de espiras da bobina e menor for a área de cada espira.
  - (B) menor for a área de cada espira da bobina e mais rápido for o movimento da barra magnetizada.
  - (C) maior for o número de espiras da bobina e mais rápido for o movimento da barra magnetizada.
  - (D) maior for o número de espiras da bobina e menor for a área de cada espira.
- 13.4. Qual é o nome da unidade do Sistema Internacional em que se exprime a força eletromotriz?

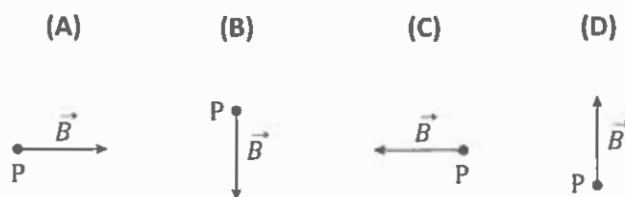


14. Os ímanes têm, hoje em dia, diversas aplicações tecnológicas.

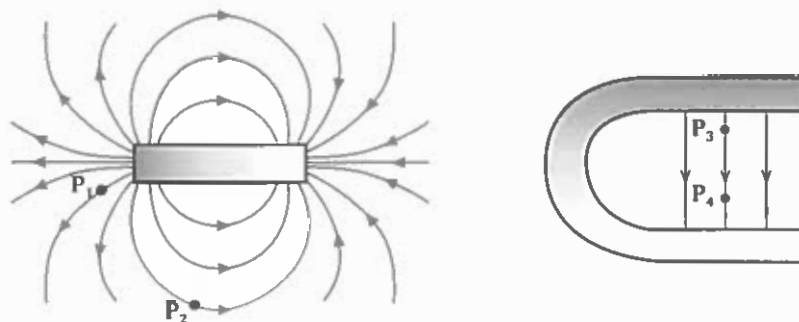
14.1. Considere o íman representado na figura.



Qual dos seguintes vetores pode representar o campo magnético criado no ponto P por esse íman?



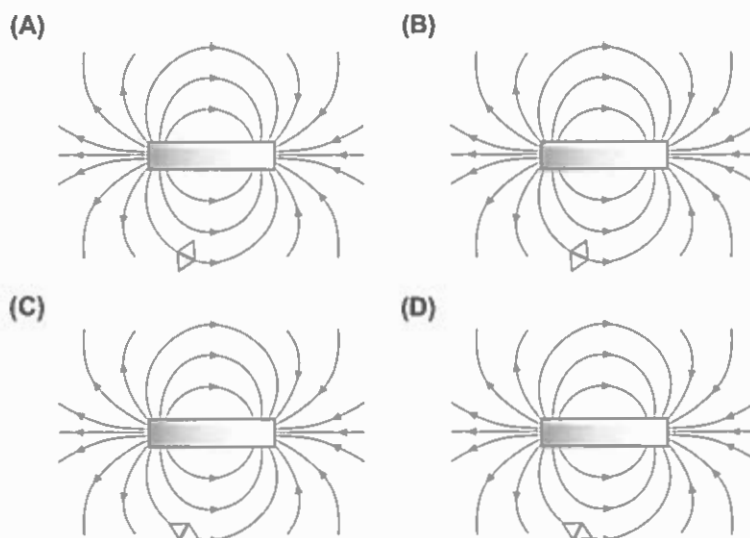
14.2. A figura representa linhas de campo magnético criadas por um íman em barra e por um íman em U.



O módulo do campo magnético é

- (A) maior em  $P_4$  do que em  $P_3$ .
- (B) igual em  $P_4$  e em  $P_3$ .
- (C) maior em  $P_2$  do que em  $P_1$ .
- (D) igual em  $P_2$  e em  $P_1$ .

- 14.3. Selecione a opção que apresenta a orientação de uma bússola, cujo polo norte está assinalado a cinzento, colocada na proximidade do íman representado nos esquemas seguintes.

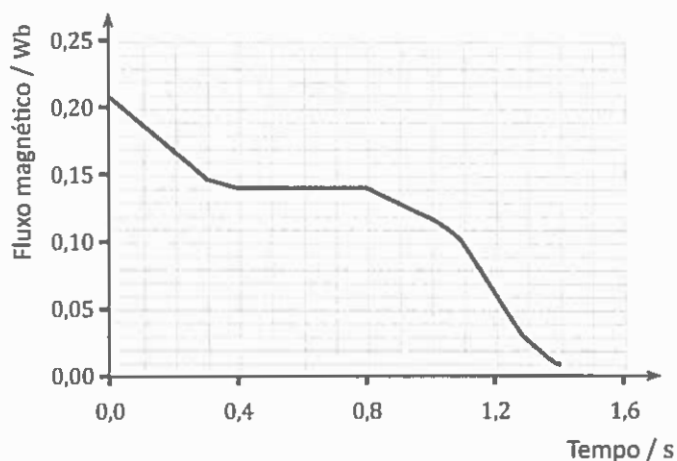


15. Oersted observou que uma agulha magnética, quando colocada na proximidade de um fio percorrido por uma corrente elétrica, sofria um pequeno desvio.

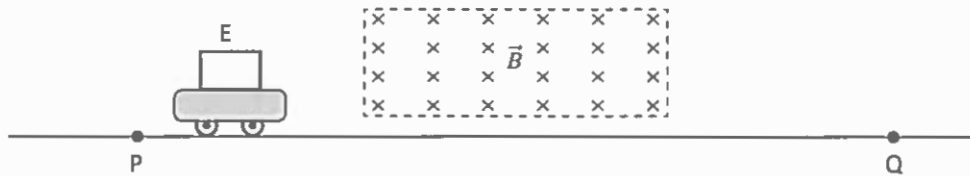
Refira o que se pode concluir deste resultado.

16. Na figura, encontra-se representado o gráfico do fluxo magnético que atravessa uma determinada bobina, em função do tempo.

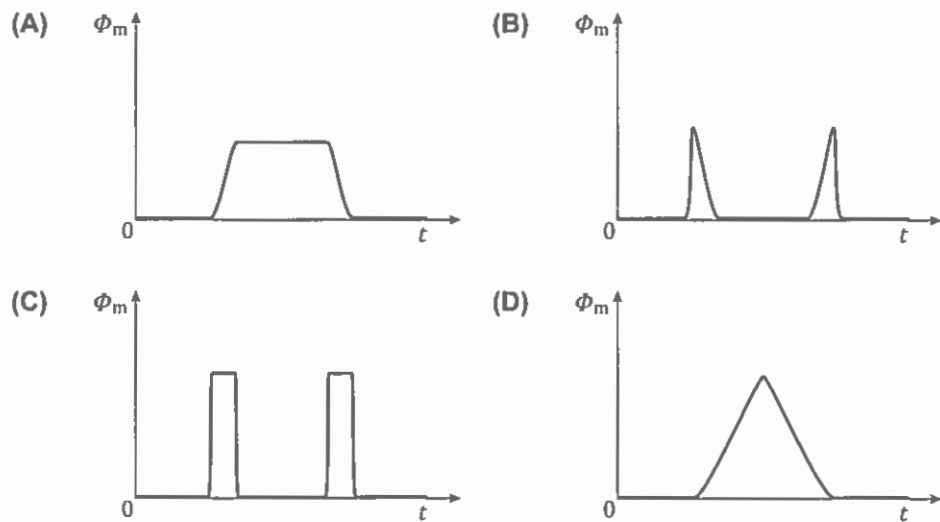
Indique o intervalo de tempo em que foi nula a força eletromotriz induzida nessa bobina.



17. A figura representa um carrinho de plástico, sobre o qual se colocou uma espira metálica retangular, E. O carrinho move-se, com velocidade constante, entre as posições P e Q, atravessando uma zona do espaço, delimitada a tracejado, onde foi criado um campo magnético uniforme,  $\vec{B}$ , de direção perpendicular ao plano da espira. Fora dessa zona, o campo magnético é desprezável.



- 17.1. Qual é o esboço do gráfico que pode representar o fluxo magnético,  $\Phi_m$ , que atravessa a superfície delimitada pela espira, em função do tempo,  $t$ , à medida que o carrinho se move entre as posições P e Q?



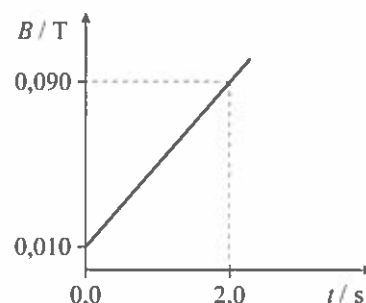
- 17.2. Existe força eletromotriz induzida na espira quando
- (A) a espira está completamente imersa no campo magnético,  $\vec{B}$ .
  - (B) a espira está completamente fora do campo magnético,  $\vec{B}$ .
  - (C) o fluxo magnético que atravessa a superfície delimitada pela espira é constante.
  - (D) o fluxo magnético que atravessa a superfície delimitada pela espira é variável.

18. Uma bobina, formada por 500 espiras quadradas de lado  $8,0 \times 10^{-2}$  m, está em repouso numa zona do espaço onde existe um campo magnético uniforme,  $\vec{B}$ , perpendicular aos planos das espiras.

Admita que, num dado intervalo de tempo, a intensidade do campo magnético,  $B$ , varia com o tempo,  $t$ , de acordo com o gráfico representado na figura.

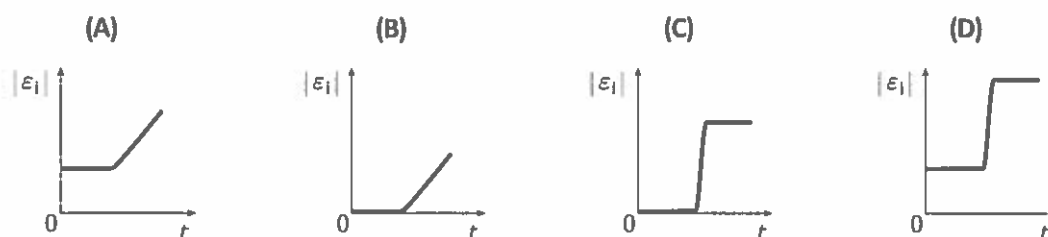
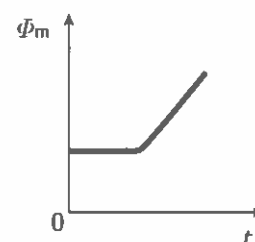
Determine o módulo da força eletromotriz induzida nos terminais da bobina, no intervalo de tempo  $[0,0; 2,0]$  s.

Apresente todas as etapas de resolução.



19. A figura representa o esboço do gráfico do fluxo magnético,  $\Phi_m$ , em função do tempo,  $t$ , devido ao movimento relativo de uma espira metálica imersa num campo magnético uniforme.

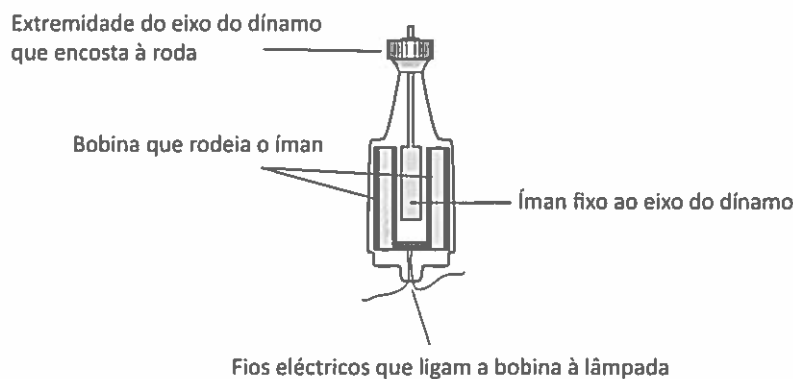
Qual é o esboço do gráfico que pode representar o módulo da força eletromotriz induzida,  $|\varepsilon_i|$ , na espira, em função do tempo,  $t$ ?



20. Deve-se a M. Faraday a descoberta da indução eletromagnética, que permite a produção de corrente elétrica em muitos dispositivos.

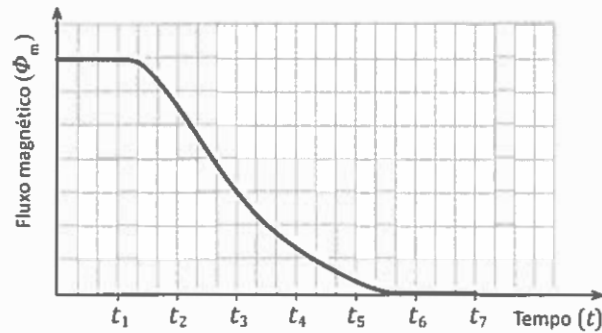
- 20.1. Algumas bicicletas dispõem de faróis cujas lâmpadas estão ligadas a um dínamo, semelhante ao representado na figura.

Quando a roda da bicicleta está em movimento, o eixo do dínamo gira, provocando a rotação do íman, e a lâmpada acende. Porém, quando a roda está parada, a lâmpada não acende.



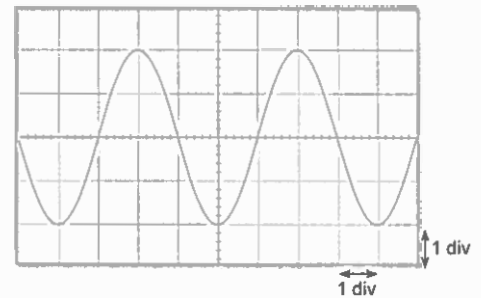
Explique, com base na lei de Faraday, o aparecimento de uma corrente elétrica no circuito apenas quando a roda está em movimento.

- 20.2. O gráfico da figura seguinte representa o fluxo magnético que atravessa uma espira metálica, em função do tempo.



Em qual dos intervalos de tempo seguintes o módulo da força eletromotriz induzida na espira é maior?

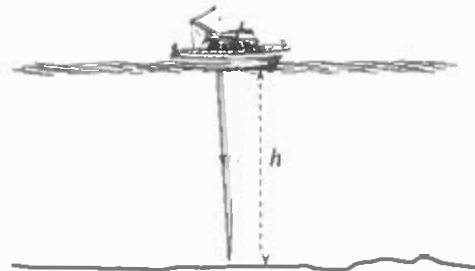
- (A)  $[0; t_1]$                       (B)  $[t_2; t_3]$   
 (C)  $[t_4; t_5]$                       (D)  $[t_6; t_7]$
- 20.3. O gráfico da figura ao lado representa um sinal elétrico, recebido num osciloscópio, em que a base de tempo foi regulada para 5 ms/div e o amplificador vertical para 5 V/div.



Escreva a expressão que traduz a relação entre a diferença de potencial,  $U$ , e o tempo,  $t$ , para esse sinal, sabendo que essa expressão é da forma  $U = U_{\text{máx.}} \sin(\omega t)$ , em que  $U_{\text{máx.}}$  é a amplitude do sinal.

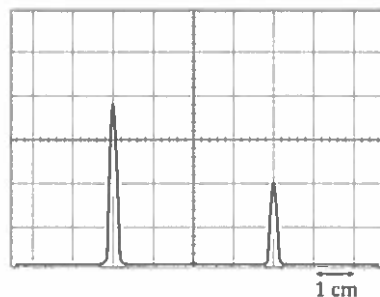
Apresente todas as etapas de resolução.

21. Nos barcos de pesca modernos é fundamental a utilização do sonar para a medição da profundidade das águas e para a deteção de cardumes. O funcionamento do sonar baseia-se na emissão e receção de ultrassons que, tal como esquematizado na figura seguinte, ao incidirem num obstáculo, são por este refletidos.



- 21.1.** Admita que é possível registrar, com um osciloscópio existente na cabina do barco, os instantes em que o sinal sonoro é enviado e recebido, após reflexão no fundo do mar.

Para medir a profundidade da água do mar num determinado local, a base de tempo do osciloscópio foi regulada para  $100 \text{ ms/cm}$ , tendo-se obtido o registo representado na figura seguinte.



Admita que a velocidade de propagação do som na água do mar, nas condições de temperatura e salinidade locais, é de  $1524 \text{ m s}^{-1}$ .

Calcule a profundidade da água,  $h$ , naquele local.

Apresente todas as etapas de resolução.

- 21.2.** Os ultrassons têm uma frequência superior àquela que o ouvido humano pode detetar. Para o mesmo meio de propagação, quanto maior for a frequência de uma onda sonora
- (A) menor será a sua amplitude.
  - (B) menor será o seu comprimento de onda.
  - (C) maior será o seu período.
  - (D) maior será a sua velocidade de propagação.
- 21.3.** Os tripulantes do barco, ao avistarem um cardume, têm a sensação de que os peixes estão mais próximos da superfície da água do que na realidade se encontram.
- A velocidade de propagação da luz na água é \_\_\_\_\_ à velocidade de propagação no ar, sendo o índice de refração da água \_\_\_\_\_ ao do ar.
- (A) superior ... superior
  - (B) inferior ... superior
  - (C) inferior ... inferior
  - (D) superior ... inferior

22. Um som emitido à superfície de um lago é detetado por um sensor, colocado dentro de água, e por um outro sensor, colocado no ar. Os dois sensores estão à mesma distância do local onde o som é emitido, mas o sensor que se encontra dentro de água deteta o som 1,14 s antes do sensor que se encontra no ar.

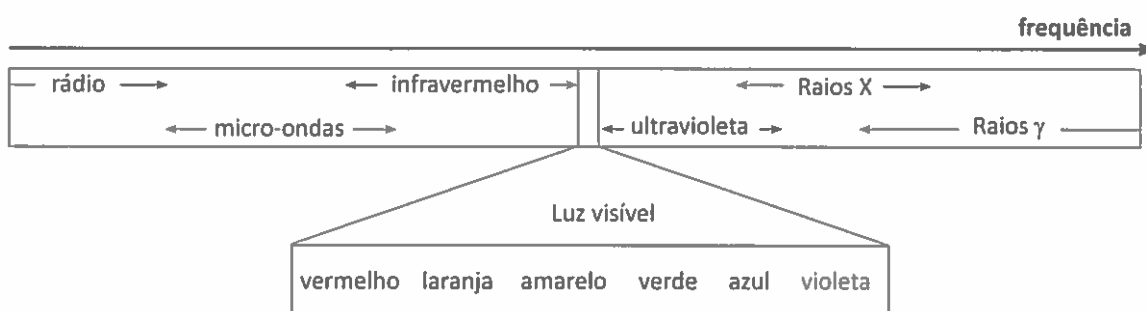
Considere que a velocidade de propagação do som na água do lago é  $1,5 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$ , que a velocidade de propagação do som no ar é  $3,4 \times 10^2 \text{ m s}^{-1}$  e que  $t_{\text{água}}$  e  $t_{\text{ar}}$  representam o tempo decorrido desde a emissão do som até à sua deteção pelo sensor que se encontra dentro de água e pelo sensor que se encontra no ar, respetivamente.

Qual dos sistemas de equações seguintes pode traduzir a situação física descrita?

<p>(A) <math>\begin{cases} 1,5 \times 10^3 t_{\text{água}} = 3,4 \times 10^2 t_{\text{ar}} &amp; \text{(SI)} \\ t_{\text{ar}} - t_{\text{água}} = 1,14 &amp; \text{(SI)} \end{cases}</math></p>	<p>(B) <math>\begin{cases} 3,4 \times 10^2 t_{\text{água}} = 1,5 \times 10^3 t_{\text{ar}} &amp; \text{(SI)} \\ t_{\text{ar}} - t_{\text{água}} = 1,14 &amp; \text{(SI)} \end{cases}</math></p>
<p>(C) <math>\begin{cases} 1,5 \times 10^3 t_{\text{água}} = 3,4 \times 10^2 t_{\text{ar}} &amp; \text{(SI)} \\ t_{\text{ar}} + t_{\text{água}} = 1,14 &amp; \text{(SI)} \end{cases}</math></p>	<p>(D) <math>\begin{cases} 3,4 \times 10^2 t_{\text{água}} = 1,5 \times 10^3 t_{\text{ar}} &amp; \text{(SI)} \\ t_{\text{ar}} + t_{\text{água}} = 1,14 &amp; \text{(SI)} \end{cases}</math></p>

23. Maxwell (1831-1879) previu a existência de ondas eletromagnéticas, que seriam originadas por cargas elétricas em movimento acelerado. Previu ainda que estas ondas deveriam propagar-se no vácuo à velocidade da luz. De 1885 a 1889, Hertz conduziu uma série de experiências que lhe permitiram não só gerar e detetar ondas eletromagnéticas, como medir a sua velocidade de propagação, confirmando, assim, as previsões de Maxwell. Estes estudos abriram caminho ao desenvolvimento dos modernos sistemas de telecomunicações.

Ao conjunto das ondas eletromagnéticas, ordenadas segundo as suas frequências, chama-se espectro eletromagnético, que pode ser representado como mostra a figura.



As ondas eletromagnéticas usadas em telecomunicações apresentam comportamentos distintos na atmosfera, consoante a sua frequência. Algumas contornam facilmente obstáculos, como edifícios e montanhas, podendo ser usadas para comunicações fora da linha de vista.

- 23.1. Maxwell previu que as ondas luminosas seriam ondas eletromagnéticas porque, de acordo com o trabalho por ele desenvolvido, as ondas eletromagnéticas
- (A) seriam originadas por cargas elétricas em movimento retilíneo uniforme.
  - (B) poderiam ser usadas em sistemas de telecomunicações.
  - (C) apresentariam comportamentos distintos na atmosfera.
  - (D) se propagariam no vácuo à velocidade da luz.

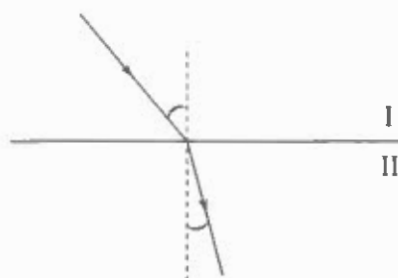
23.2. Selecione a opção que identifica o fenómeno a que se refere a última frase do texto.

- (A) Refração
- (B) Reflexão
- (C) Difração
- (D) Dispersão

23.3. A figura representa um feixe luminoso monocromático, muito fino, que incide na superfície de separação de dois meios transparentes, I e II, sofrendo refração.

O índice de refração do meio I é \_\_\_\_\_ ao índice de refração do meio II, sendo a velocidade de propagação do feixe luminoso \_\_\_\_\_ no meio I.

- (A) superior ... maior
- (B) inferior ... menor
- (C) inferior ... maior
- (D) superior ... menor



24. O espectro da luz visível pode ser obtido fazendo incidir radiação solar num prisma de vidro.

24.1. Admita que o índice de refração,  $n$ , do vidro de que é constituído um prisma é 1,51 para uma radiação vermelha e 1,53 para uma radiação violeta.

Conclua, justificando, qual destas radiações se propaga com maior velocidade no interior do prisma.

24.2. Considere um feixe laser, muito fino, que se propaga no ar e que incide numa das faces de um prisma de vidro.

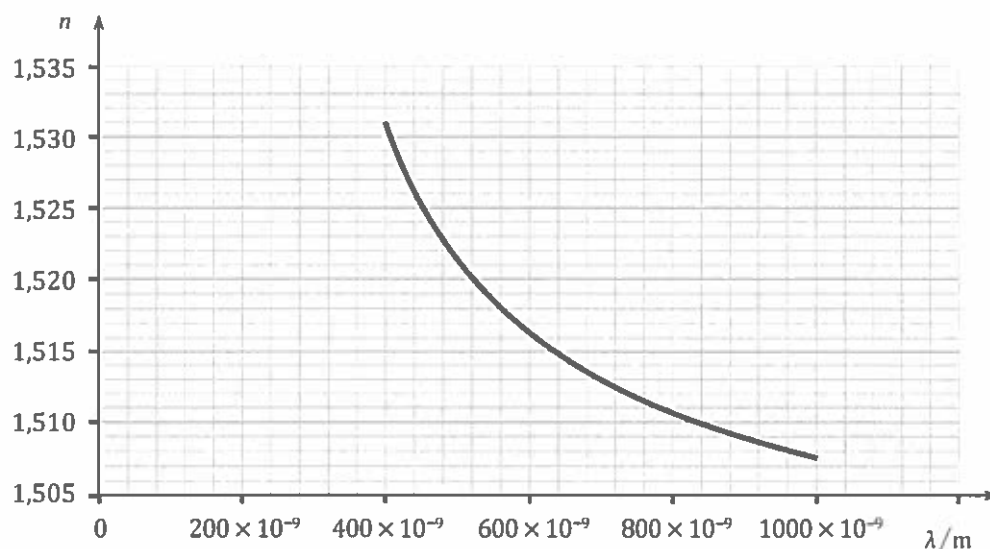
Em qual das figuras seguintes está representada parte de um trajeto possível desse feixe no interior do prisma?





25. A luz proveniente das estrelas dispersa-se, ao entrar num prisma, devido ao facto de a velocidade de propagação da luz, no material constituente do prisma, depender da frequência da radiação. Consequentemente, o índice de refração desse material também irá depender da frequência da radiação.

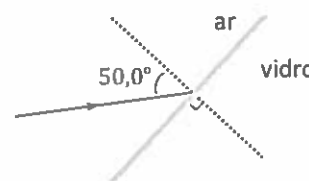
25.1. O gráfico da figura representa o índice de refração,  $n$ , de um vidro do tipo BK7, em função do comprimento de onda,  $\lambda$ , da luz no vázio.



Considere um feixe de luz monocromática, de comprimento de onda  $560 \times 10^{-9} \text{ m}$ , no vázio, que incide sobre a superfície de um prisma de vidro BK7, de acordo com o representado na figura.

Determine o ângulo de refração correspondente a um ângulo de incidência de  $50,0^\circ$ .

Apresente todas as etapas de resolução.



$$n_{\text{ar}} (\text{índice de refração do ar}) = 1,000$$

25.2. Indique, justificando, se uma radiação de comprimento de onda  $560 \times 10^{-9} \text{ m}$  sofre difração apreciável num obstáculo cujas dimensões sejam da ordem de grandeza de 1 m.

25.3. Qual das expressões seguintes permite calcular a frequência,  $f$ , em hertz (Hz), de uma radiação que, no vácuo, tem um comprimento de onda de 486 nm?

(A)  $f = \frac{4,86 \times 10^{-7}}{3,00 \times 10^8} \text{ Hz}$

(B)  $f = \frac{3,00 \times 10^8}{4,86 \times 10^{-7}} \text{ Hz}$

(C)  $f = \frac{3,00 \times 10^8}{486} \text{ Hz}$

(D)  $f = \frac{486}{3,00 \times 10^8} \text{ Hz}$

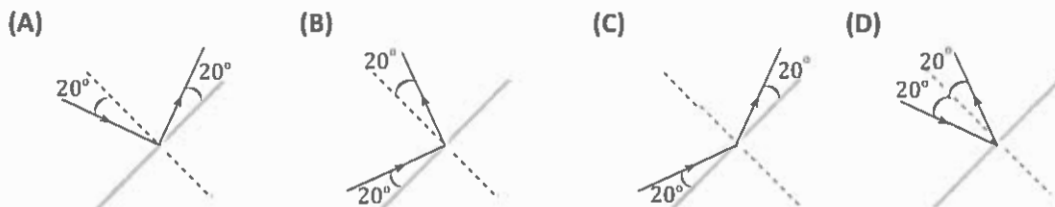
26. O primeiro satélite artificial da Terra, o *Sputnik 1*, enviava sinais eletromagnéticos, de frequências 20 MHz e 40 MHz, que foram detetados por radioamadores de diversos países.

No vácuo, esses dois sinais teriam

- (A) o mesmo comprimento de onda e a mesma velocidade de propagação.  
 (B) comprimentos de onda diferentes e a mesma velocidade de propagação.  
 (C) o mesmo comprimento de onda e velocidades de propagação diferentes.  
 (D) comprimentos de onda e velocidades de propagação diferentes.
27. Geralmente, os balões meteorológicos transportam uma radiossonda que emite um sinal eletromagnético de determinada frequência.  
 Se a frequência desse sinal for 1680 MHz, o comprimento de onda, no ar, da radiação considerada será  
 (A) 0,560 m      (B) 5,60 m      (C) 179 m      (D) 0,179 m
28. A distância Terra – Lua foi determinada, com grande rigor, por reflexão de ondas eletromagnéticas em refletores colocados na superfície da Lua.

- 28.1. Considere um feixe laser, muito fino, que incide sobre uma superfície plana segundo um ângulo de incidência de  $20^\circ$ , sendo refletido por essa superfície.

Selecione a única opção que representa corretamente a situação descrita.



- 28.2. Um sinal eletromagnético enviado da Lua quando esta se encontra a  $3,84 \times 10^8$  m da Terra atinge o nosso planeta após um intervalo de tempo de

- (A) 0,00 s.      (B) 0,78 s.      (C) 1,28 s.      (D) 2,56 s.

29. A palavra radar é o acrónimo de *Radio Detection and Ranging*, que, em português, significa deteção e localização por rádio. Trata-se de um sistema que permite detetar a presença, a posição e a direção do movimento de objetos distantes, tais como navios e aviões.

O funcionamento do radar baseia-se na reflexão de um feixe de radiação eletromagnética. A radiação utilizada no radar pode ter comprimentos de onda, no vácuo, da ordem de grandeza do centímetro. Quando o feixe de radiação, geralmente emitido por impulsos, encontra um obstáculo, uma parte desse feixe é refletida, regressando à antena emissora. O tempo que um impulso demora a chegar ao obstáculo e a regressar à antena emissora, depois de refletido, permite determinar a distância a que o obstáculo se encontra dessa antena.

M. Teresa Escoval, *A Ação da Física na Nossa Vida*, Lisboa, Ed. Presença, 2012, pp. 192-193 (adaptado)

- 29.1. A frequência de uma radiação eletromagnética cujo comprimento de onda, no vácuo, seja cerca de 1 cm é da ordem de grandeza de

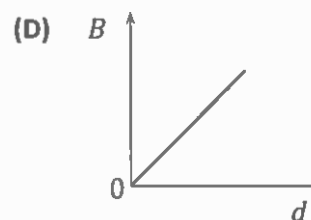
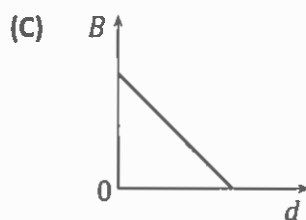
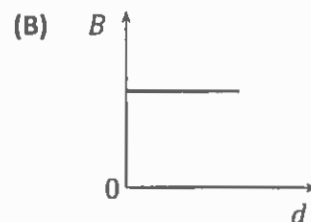
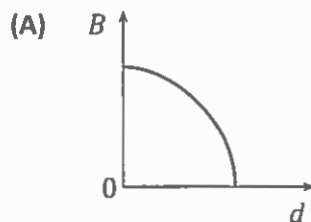
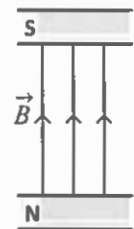
(A)  $10^4$  Hz                      (B)  $10^6$  Hz                      (C)  $10^8$  Hz                      (D)  $10^{10}$  Hz

- 29.2. Qual das expressões seguintes permite calcular a distância, em metros, a que um obstáculo se encontra da antena emissora, se  $\Delta t$  representar o intervalo de tempo, em segundos, que decorre entre a emissão de um impulso e a receção do respetivo eco?

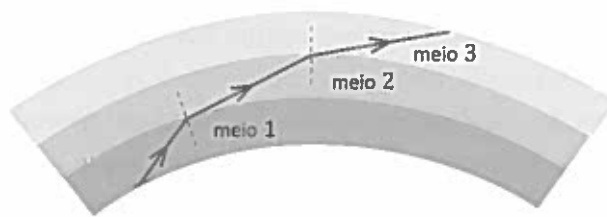
(A)  $\left(\frac{2 \times 3,00 \times 10^8}{\Delta t}\right) \text{ m}$                       (B)  $\left(\frac{3,00 \times 10^8}{2 \times \Delta t}\right) \text{ m}$   
 (C)  $\left(\frac{3,00 \times 10^8 \times \Delta t}{2}\right) \text{ m}$                       (D)  $(2 \times 3,00 \times 10^8 \times \Delta t) \text{ m}$

- 29.3. A radiação eletromagnética utilizada no radar pode ser produzida num dispositivo onde existem ímanes que originam campos magnéticos semelhantes ao campo magnético  $\vec{B}$  representado na figura.

Qual é o esboço do gráfico que pode representar o módulo desse campo magnético,  $B$ , em função da distância,  $d$ , ao polo norte (N) do íman que produz esse campo?

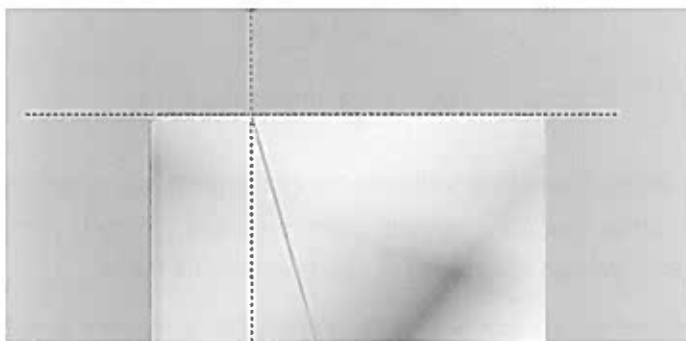


30. A figura representa um feixe de uma radiação eletromagnética monocromática que se propaga na atmosfera da Terra, atravessando três meios óticos diferentes – meios 1, 2 e 3.



Para a radiação considerada, o índice de refração do meio 1 é \_\_\_\_\_ ao índice de refração do meio 2, sendo a velocidade de propagação dessa radiação no meio 1 \_\_\_\_\_ à sua velocidade de propagação no meio 2.

- (A) inferior ... superior                      (B) superior ... superior  
(C) inferior ... inferior                      (D) superior ... inferior
31. A figura representa parte do trajeto de um feixe de luz monocromática que se propaga no ar e que incide numa face de um paralelepípedo de vidro *Flint*, propagando-se depois no interior do vidro. Os ângulos de incidência e de refração são, respetivamente,  $24,0^\circ$  e  $16,0^\circ$ .

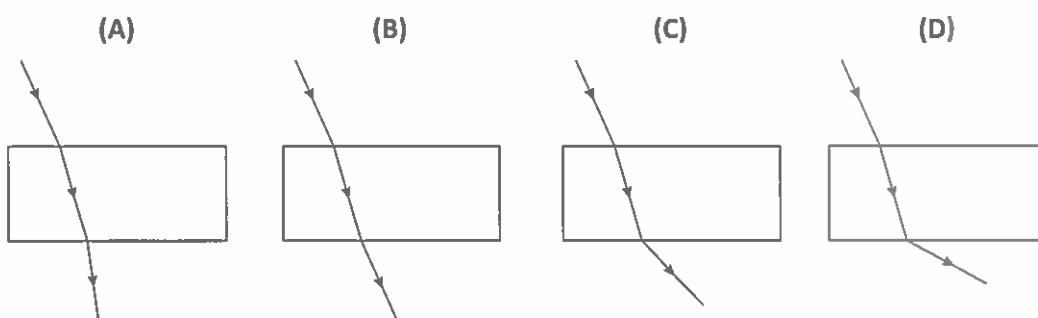


- 31.1. Determine a velocidade de propagação do feixe de luz monocromática no interior do vidro *Flint*.

Apresente todas as etapas de resolução.

$$n_{\text{ar}} \text{ (índice de refração do ar)} = 1,00$$

- 31.2. Qual dos esquemas seguintes pode representar o trajeto do feixe de luz monocromática ao propagar-se do interior do vidro *Flint* novamente para o ar?



32. Considere uma radiação monocromática que se propaga inicialmente no ar e que passa, depois, a propagar-se num vidro.

32.1. Ao propagar-se no vidro, a radiação terá

- (A) menor frequência e menor comprimento de onda.
- (B) a mesma frequência e maior comprimento de onda.
- (C) a mesma frequência e menor comprimento de onda.
- (D) menor frequência e maior comprimento de onda.

32.2. A velocidade de propagação da radiação considerada nesse vidro é  $\frac{2}{3}$  da sua velocidade de propagação no ar.

Qual é o índice de refração desse vidro para a radiação considerada?

Apresente o resultado com dois algarismos significativos.

$$n_{\text{ar}} (\text{índice de refração do ar}) = 1,00$$

33. A radiação eletromagnética propaga-se no ar com uma velocidade praticamente igual à sua velocidade de propagação no vazio, pelo que o índice de refração do ar é 1,00.

33.1. A figura representa o trajeto de um feixe de radiação monocromática, muito fino, que, propagando-se inicialmente no ar, atravessa um semicilindro de um material transparente, voltando depois a propagar-se no ar.

33.1.1. Uma parte do feixe incidente na superfície plana do semicilindro sofre reflexão nessa superfície.

Qual é o ângulo, em graus, que se deverá observar entre o feixe refletido nessa superfície (não representado na figura) e o feixe refratado?

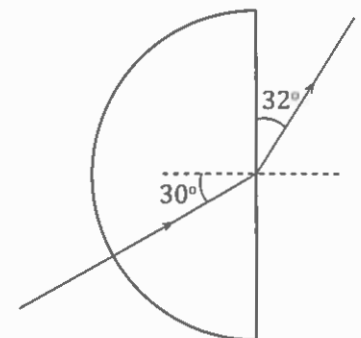
33.1.2. Qual é, para a radiação considerada, o índice de refração do material constituinte do semicilindro representado na figura?

- (A) 0,59
- (B) 1,1
- (C) 1,7
- (D) 1,9

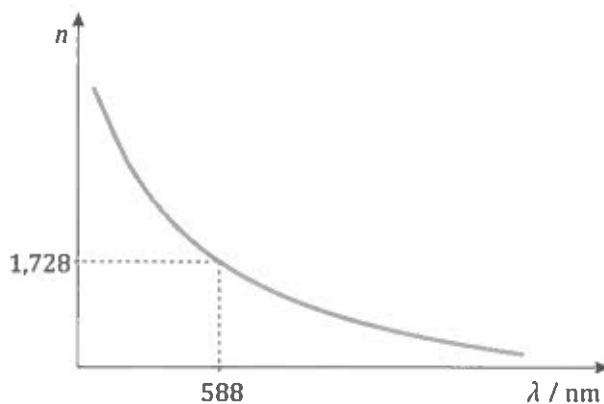
33.2. No ar, uma radiação tem um comprimento de onda de 540 nm.

Qual é o comprimento de onda dessa radiação num meio de índice de refração 1,40?

- (A) 216 nm
- (B) 386 nm
- (C) 540 nm
- (D) 756 nm



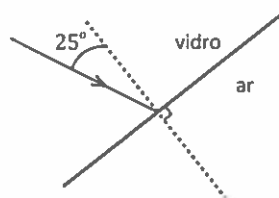
34. Na figura, encontra-se representado o gráfico do índice de refração,  $n$ , de um vidro SF10, em função do comprimento de onda,  $\lambda$ , da radiação eletromagnética, no vácuo.



- 34.1. Explique, com base no gráfico, como varia a velocidade de propagação da radiação eletromagnética no vidro SF10, à medida que o comprimento de onda da radiação, no vácuo, aumenta.

Apresente num texto a explicação solicitada.

- 34.2. A figura seguinte representa um feixe de radiação monocromática, de comprimento de onda 588 nm, no vácuo, que, propagando-se inicialmente no interior de um paralelepípedo de vidro SF10, incide numa das faces desse paralelepípedo. Uma parte desse feixe é refletida nessa face, enquanto outra parte passa a propagar-se no ar.



- 34.2.1. Qual é o ângulo entre o feixe refletido e a face do paralelepípedo na qual o feixe se refletiu?

- 34.2.2. Qual é o ângulo de incidência a partir do qual o feixe será totalmente refletido na face do paralelepípedo?

- (A)  $35,4^\circ$
- (B)  $42,8^\circ$
- (C)  $46,7^\circ$
- (D)  $90,0^\circ$

35. Um feixe de radiação monocromática propaga-se no ar e incide numa face de um paralelepípedo de vidro. Uma parte do feixe é refletida na face do paralelepípedo, enquanto outra parte passa a propagar-se no vidro, sendo o ângulo de refração menor do que o ângulo de incidência.

35.1. O comprimento de onda, no vácuo, da radiação utilizada na experiência é  $6,5 \times 10^{-7}$  m.

Qual é a frequência, em hertz (Hz), dessa radiação eletromagnética?

Apresente o resultado com dois algarismos significativos.

35.2. Quando a radiação passa do ar para o vidro, a sua velocidade de propagação \_\_\_\_\_ e o seu comprimento de onda \_\_\_\_\_ .

(A) diminui ... diminui                      (B) diminui ... aumenta

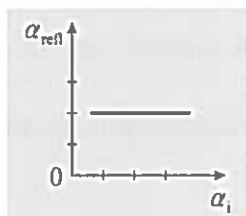
(C) aumenta ... aumenta                    (D) aumenta ... diminui

35.3. Para diversos ângulos de incidência na superfície de separação ar-vidro, mediram-se os ângulos de reflexão correspondentes.

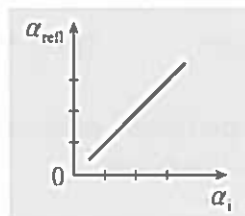
Os resultados obtidos permitiram traçar o gráfico do ângulo de reflexão,  $\alpha_{\text{refl}}$ , em função do ângulo de incidência,  $\alpha_i$ .

Qual é o esboço desse gráfico, assumindo a mesma escala nos dois eixos?

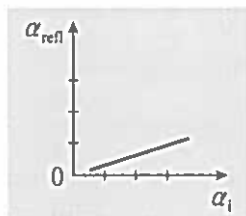
(A)



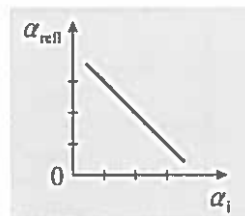
(B)



(C)



(D)



36. O desenvolvimento das fibras óticas, na segunda metade do século XX, revolucionou a tecnologia de transmissão de informação.

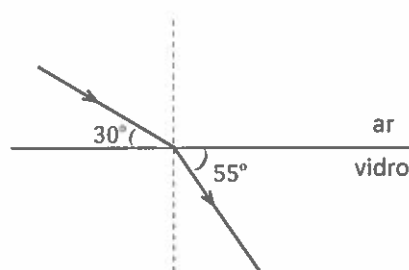
36.1. Uma fibra ótica é constituída por um filamento de vidro ou de um material polimérico (núcleo), coberto por um revestimento de índice de refração diferente. A luz incide numa extremidade da fibra, segundo um ângulo adequado, e é guiada ao longo desta, quase sem atenuação, até à outra extremidade.

Escreva um texto no qual faça referência aos seguintes tópicos:

- uma das propriedades do material do núcleo da fibra ótica, que permite que a luz seja guiada no seu interior, quase sem atenuação;
- o fenómeno em que se baseia a propagação da luz no interior da fibra ótica;
- as condições em que esse fenómeno ocorre.

36.2. Nas comunicações por fibras óticas utiliza-se frequentemente luz *laser*.

A figura representa um feixe *laser*, muito fino, que se propaga no ar e incide na superfície de um vidro.

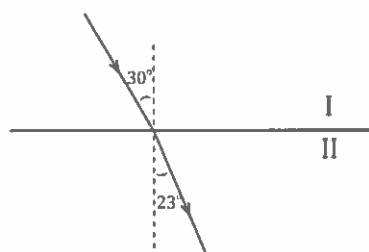


Tendo em conta a situação descrita, selecione a opção correta.

- (A) O ângulo de incidência é de  $30^\circ$ .      (B) O ângulo de incidência é de  $55^\circ$ .  
 (C) O ângulo de refração é de  $60^\circ$ .      (D) O ângulo de refração é de  $35^\circ$ .

37. Quando um feixe luminoso incide na superfície de separação de dois meios transparentes, ocorrem, entre outros, fenómenos de reflexão e de refração.

37.1. A figura representa um feixe luminoso, muito fino, que incide na superfície de separação de dois meios, I e II.



Meio	Índice de refração, $n$
ar	1,00
óleo	1,28
água	1,33
vidro	1,50

Quais são os meios I e II, tendo em conta os valores de índice de refração,  $n$ , listados na Tabela?

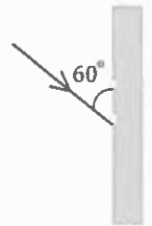
- (A) I – óleo ; II – água.    (B) I – óleo ; II – ar.    (C) I – ar ; II – vidro.    (D) I – ar ; II – óleo.



- 37.2. A reflexão total da luz ocorre quando esta incide na superfície de separação entre um meio e outro de
- (A) maior índice de refração, com um ângulo de incidência superior ao ângulo crítico.
  - (B) menor índice de refração, com um ângulo de incidência inferior ao ângulo crítico.
  - (C) maior índice de refração, com um ângulo de incidência inferior ao ângulo crítico.
  - (D) menor índice de refração, com um ângulo de incidência superior ao ângulo crítico.

38. A figura representa um feixe de radiação monocromática, muito fino, que se propaga no ar e incide na superfície de um vidro, de índice de refração 1,5 para essa radiação.

$$n_{\text{ar}} \text{ (índice de refração do ar)} = 1,0$$



- 38.1. Qual é o ângulo de refração, na situação representada na figura?

- (A) 19°
- (B) 30°
- (C) 35°
- (D) 49°

- 38.2. A frequência da radiação monocromática referida é  $5,0 \times 10^{14}$  Hz.

Calcule o comprimento de onda dessa radiação quando se propaga no vidro.

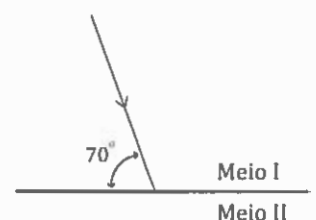
Apresente todas as etapas de resolução.

- 38.3. O ângulo crítico na superfície de separação vidro-ar considerada é 42°.

Ocorre reflexão total nessa superfície quando a radiação, propagando-se inicialmente

- (A) no ar, incide segundo um ângulo de incidência superior a 42°.
- (B) no ar, incide segundo um ângulo de incidência inferior a 42°.
- (C) no vidro, incide segundo um ângulo de incidência superior a 42°.
- (D) no vidro, incide segundo um ângulo de incidência inferior a 42°.

39. A figura representa um feixe de luz monocromática, muito fino, que incide na superfície de separação de dois meios transparentes, I e II. Uma parte do feixe incidente sofre reflexão nessa superfície e outra parte é refratada, passando a propagar-se no meio II.



- 39.1. Qual é o ângulo entre o feixe incidente e o feixe refletido?

- (A) 20°
- (B) 40°
- (C) 60°
- (D) 70°

39.2. Admita que, para a radiação considerada, o índice de refração do meio I é o dobro do índice de refração do meio II.

39.2.1. Comparando o módulo da velocidade de propagação dessa radiação nos meios I e II, respetivamente  $v_I$  e  $v_{II}$ , e o seu comprimento de onda nos meios I e II, respetivamente  $\lambda_I$  e  $\lambda_{II}$ , conclui-se que

(A)  $v_I = 2v_{II}$  e  $\lambda_I = 2\lambda_{II}$       (B)  $v_I = 2v_{II}$  e  $\lambda_I = \frac{1}{2}\lambda_{II}$

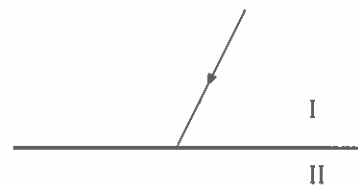
(C)  $v_I = \frac{1}{2}v_{II}$  e  $\lambda_I = 2\lambda_{II}$       (D)  $v_I = \frac{1}{2}v_{II}$  e  $\lambda_I = \frac{1}{2}\lambda_{II}$

39.2.2. Qual é o ângulo de incidência a partir do qual ocorre reflexão total da radiação considerada na superfície de separação dos meios I e II ?

(A)  $10^\circ$       (B)  $28^\circ$       (C)  $30^\circ$       (D)  $40^\circ$

40. A figura representa um feixe, muito fino, de luz monocromática, que incide na superfície de separação de dois meios transparentes, I e II, cujos índices de refração são, respetivamente,  $n_I$  e  $n_{II}$ .

Se a luz se propagar com maior velocidade no meio II, o ângulo de refração será



(A) maior do que o ângulo de incidência, uma vez que  $n_I > n_{II}$ .

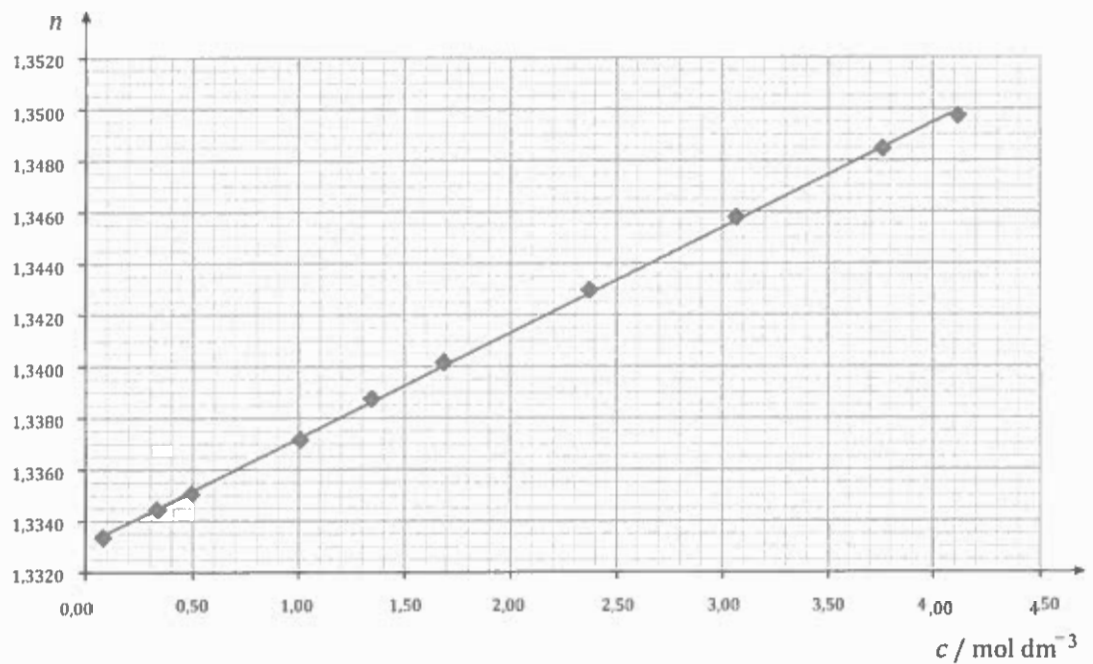
(B) menor do que o ângulo de incidência, uma vez que  $n_I > n_{II}$ .

(C) maior do que o ângulo de incidência, uma vez que  $n_I < n_{II}$ .

(D) menor do que o ângulo de incidência, uma vez que  $n_I < n_{II}$ .

41. A medição do índice de refração de soluções aquosas pode ser usada na determinação da concentração do soluto. Esta técnica de análise quantitativa requer o traçado de curvas de calibração, que relacionam os índices de refração,  $n$ , de soluções desse soluto com as respetivas concentrações,  $c$ .

A figura representa uma curva de calibração, obtida a partir de várias soluções aquosas de ácido acético de diferentes concentrações. Os índices de refração das soluções, para uma determinada radiação monocromática, foram medidos à temperatura de  $20^\circ\text{C}$ .



- 41.1.** Das várias soluções aquosas de ácido acético a partir das quais se obteve a curva de calibração representada na figura, considere as soluções de concentração  $0,50 \text{ mol dm}^{-3}$  e  $1,34 \text{ mol dm}^{-3}$ .

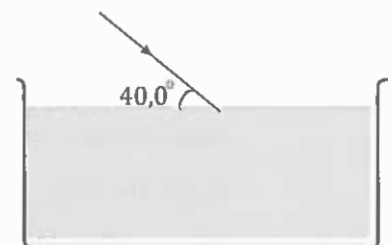
Sobre cada uma dessas soluções, a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , fez-se incidir um feixe, muito fino, da radiação monocromática referida, segundo um mesmo ângulo.

A velocidade de propagação dessa radiação será maior na solução de concentração

- (A)  $1,34 \text{ mol dm}^{-3}$ , e o ângulo de refração será menor na mesma solução.  
 (B)  $1,34 \text{ mol dm}^{-3}$ , e o ângulo de refração será maior na mesma solução.  
 (C)  $0,50 \text{ mol dm}^{-3}$ , e o ângulo de refração será menor na mesma solução.  
 (D)  $0,50 \text{ mol dm}^{-3}$ , e o ângulo de refração será maior na mesma solução.
- 41.2.** A figura representa uma tina contendo uma solução aquosa de ácido acético de concentração  $1,20 \text{ mol dm}^{-3}$ , à temperatura de  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , sobre a qual incide um feixe, muito fino, da radiação monocromática referida, segundo a direção representada.

Determine o ângulo de refração que se deverá observar.

Apresente todas as etapas de resolução.



$$n_{\text{ar}} \text{ (índice de refração do ar) } = 1,000$$

41.3. Quando a luz se propaga numa solução de ácido acético e incide na superfície de separação entre a solução e o ar, segundo um ângulo superior ao ângulo crítico, ocorre reflexão total da luz.

O ângulo crítico depende do

- (A) ângulo de incidência.
- (B) ângulo de refração.
- (C) índice de refração da solução.
- (D) volume da solução.

42. A velocidade de propagação de uma radiação monocromática na água em fase líquida é cerca de  $\frac{3}{4}$  da velocidade de propagação dessa radiação no vácuo.

Qual será, aproximadamente, o índice de refração da água em fase líquida, para aquela radiação?

- (A) 0,75      (B) 1,33      (C) 2,25      (D) 1,20

43. Com o objetivo de determinar experimentalmente a velocidade de propagação do som no ar, um grupo de alunos usou um osciloscópio, um gerador de sinais, um altifalante, um microfone e uma fita métrica. Os alunos colocaram o microfone e o altifalante um em frente do outro, a distâncias,  $d$ , sucessivamente maiores e mediram o tempo,  $t$ , que um sinal sonoro demorava a percorrer cada uma dessas distâncias.

O valor tabelado da velocidade de propagação do som no ar, nas condições em que foi realizada a experiência, é  $345 \text{ m s}^{-1}$ .

43.1. Para realizarem a experiência, os alunos ligaram

- (A) o microfone ao gerador de sinais e o altifalante ao osciloscópio.
- (B) o microfone ao osciloscópio e o altifalante ao gerador de sinais.
- (C) o microfone e o altifalante unicamente ao gerador de sinais.
- (D) o microfone e o altifalante unicamente ao osciloscópio.

43.2. Com os valores de distância,  $d$ , e de tempo,  $t$ , medidos experimentalmente, os alunos traçaram um gráfico no qual o inverso do declive da reta obtida foi identificado com o valor experimental da velocidade de propagação do som no ar.

Os alunos terão, assim, traçado um gráfico de

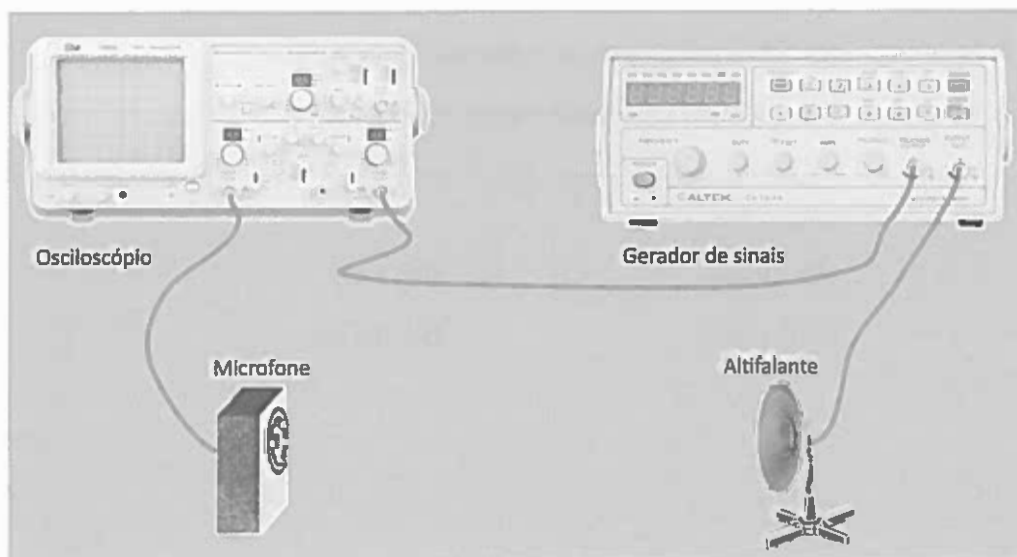
- (A)  $d$  em função de  $t$ .
- (B)  $d$  em função de  $\frac{1}{t}$ .
- (C)  $t$  em função de  $d$ .
- (D)  $t$  em função de  $\frac{1}{d}$ .

43.3. O índice de refração do ar é 1,00.

Comparando, em termos das respectivas ordens de grandeza, a velocidade de propagação da luz no ar com a velocidade de propagação do som no ar, conclui-se que a velocidade de propagação da luz é

- (A)  $10^8$  vezes superior.
- (B)  $10^7$  vezes superior.
- (C)  $10^6$  vezes superior.
- (D)  $10^5$  vezes superior.

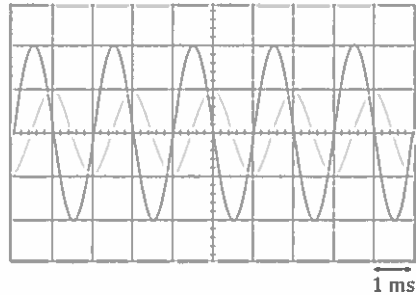
44. Com o objetivo de determinar experimentalmente a velocidade de propagação do som no ar, um grupo de alunos fez uma montagem semelhante à representada na figura, na qual utilizou um osciloscópio, um gerador de sinais, um microfone, um altifalante com suporte e fios de ligação.



Os alunos começaram por ligar o gerador de sinais ao osciloscópio para produzir um sinal elétrico que registaram no osciloscópio. Ligaram depois o altifalante ao gerador de sinais e o microfone ao osciloscópio, tendo o cuidado de alinhar sempre o altifalante e o microfone, no decorrer das experiências que realizaram.

44.1. Indique a razão pela qual os alunos ligaram o altifalante ao gerador de sinais e a razão pela qual ligaram o microfone ao osciloscópio.

- 44.2. Os alunos mantiveram o altifalante e o microfone à mesma distância um do outro. A figura seguinte representa o ecrã do osciloscópio onde estão registados os sinais obtidos no decorrer da experiência.



- 44.2.1. Os sinais registados no ecrã do osciloscópio apresentam
- (A) igual amplitude e igual frequência.
  - (B) igual amplitude e diferente frequência.
  - (C) diferente amplitude e diferente frequência.
  - (D) diferente amplitude e igual frequência.
- 44.2.2. Quanto tempo demorou o sinal sonoro a percorrer a distância entre o altifalante e o microfone?
- (A) 10 ms
  - (B) 2 ms
  - (C) 1 ms
  - (D) 0,5 ms

# **QUÍMICA 10.º ANO**

**DOMÍNIO:**

**Elementos químicos  
e sua organização**

1. O néon é um dos componentes vestigiais da atmosfera terrestre.
  - 1.1. O néon-22 ( $^{22}\text{Ne}$ ) é um dos isótopos naturais do néon.

Quantos neutrões existem no núcleo de um átomo de néon-22?

(A) 22                      (B) 20                      (C) 12                      (D) 10
  - 1.2. Num átomo de néon, no estado fundamental, os elétrons encontram-se distribuídos por  
(A) dois níveis de energia.  
(B) três níveis de energia.  
(C) quatro níveis de energia.  
(D) cinco níveis de energia.
  - 1.3. Qual é o nome do elemento químico cujos átomos formam iões binegativos que apresentam, no estado fundamental, uma configuração eletrônica igual à do átomo de néon?
2. O carbono tem vários isótopos naturais, que existem em abundâncias relativas muito diferentes, sendo identificados de acordo com o seu número de massa. Existem dois isótopos estáveis, o carbono-12 ( $^{12}\text{C}$ ) e o carbono-13 ( $^{13}\text{C}$ ), e um isótopo instável, radioativo, o carbono-14 ( $^{14}\text{C}$ ).
  - 2.1. Quantos neutrões existem no núcleo de um átomo de carbono-13?
  - 2.2. No átomo de carbono no estado fundamental, os elétrons encontram-se distribuídos por  
(A) duas orbitais.    (B) três orbitais.  
(C) quatro orbitais.    (D) seis orbitais.
3. O flúor e o cloro são dois halogéneos.
  - 3.1. O cloro apresenta dois isótopos estáveis, o cloro-35 e o cloro-37.

Os átomos destes isótopos têm

(A) número atômico diferente.  
(B) igual número de nucleões.  
(C) igual número de prótons.  
(D) número de elétrons diferentes.
  - 3.2. Um átomo de flúor e um átomo de cloro, no estado fundamental, apresentam  
(A) o mesmo número de orbitais p completamente preenchidas.  
(B) ambos uma orbital p semipreenchida.  
(C) o mesmo número de orbitais s completamente preenchidas.  
(D) ambos uma orbital s semipreenchida.



3.3. A energia de ionização do átomo de cloro, isolado e em fase gasosa, é a energia de remoção mínima necessária para, a partir do átomo no estado fundamental, se formar um determinado ião.

Escreva a fórmula química desse ião.

4. Calcule o número de átomos que existe numa amostra de 48 g de oxigénio,  $O_2$  (g).  
Apresente todas as etapas de resolução.
5. Determine a quantidade total, em mol, de átomos existente numa amostra de 20,0 g de metano,  $CH_4$  (g).  
Apresente todas as etapas de resolução.
6. Uma amostra pura de 100 g de  $N_2$  (g) conterà, no total, cerca de  
(A)  $2,15 \times 10^{24}$  átomos.  
(B)  $3,37 \times 10^{23}$  átomos.  
(C)  $4,30 \times 10^{24}$  átomos.  
(D)  $1,69 \times 10^{23}$  átomos.
7. A tabela seguinte apresenta a composição de uma amostra de ar.

Gás	Quantidade / mol
$N_2$	0,174
$O_2$	0,047
Outros gases	0,002

Qual das expressões seguintes permite calcular a fração molar de  $O_2$  (g),  $x_{O_2}$ , nessa amostra?

(A)  $x_{O_2} = \frac{0,047}{0,174 \times 0,047 \times 0,002}$

(B)  $x_{O_2} = \frac{0,047}{0,174 + 0,047 + 0,002}$

(C)  $x_{O_2} = \frac{0,174 \times 0,047 \times 0,002}{0,047}$

(D)  $x_{O_2} = \frac{0,174 + 0,047 + 0,002}{0,047}$

8. O cloreto de potássio é constituído pelos iões  $K^+$  e  $Cl^-$ .

8.1. A amostra considerada contém 2,68 mol de KCl.

Quantos iões existem, no total, na amostra?

Apresente o resultado com três algarismos significativos.

8.2. Os iões  $K^+$  e  $Cl^-$ , no estado fundamental, apresentam

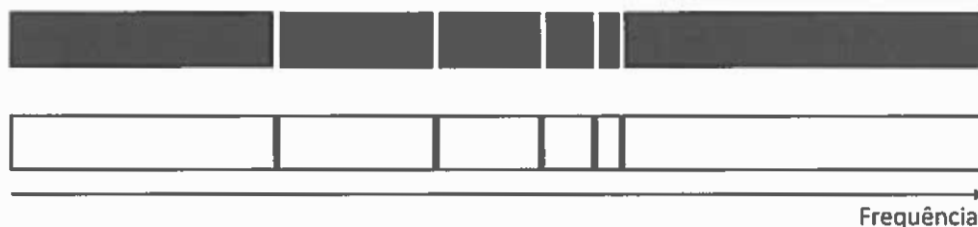
- (A) ambos apenas seis eletrões de valência.
- (B) o mesmo número de orbitais de valência.
- (C) configurações eletrónicas diferentes.
- (D) ambos apenas cinco orbitais ocupadas.

9. Na figura está representado, a preto e branco, o espectro de emissão atómico do lítio, na região do visível.



Represente, utilizando a mesma escala, o espectro de absorção atómico do lítio, na região do visível.

10. A figura representa, à mesma escala, parte de um espectro atómico de emissão e parte de um espectro atómico de absorção.



Por que motivo se pode concluir que os dois espectros apresentados se referem a um mesmo elemento químico?

11. Em 1898, W. Ramsay isolou, do ar, um gás até aí desconhecido. O espectro de emissão desse gás permitiu concluir que ele era formado por um elemento químico que nunca tinha sido identificado, a que chamaram árgon.

11.1. Explique como terá sido possível concluir, a partir do espectro de emissão do gás na região do visível, que este gás era constituído por um elemento químico que nunca tinha sido identificado.

Comece por referir o que se observa num espectro atómico de emissão, na região do visível.

11.2. Um dos isótopos do árgon, Ar, tem número de massa 40.

Quantos neutrões existem, no total, no núcleo de um átomo desse isótopo?

12. Na Figura A, está representado um diagrama de níveis de energia do átomo de hidrogénio, no qual estão assinaladas algumas transições eletrónicas.

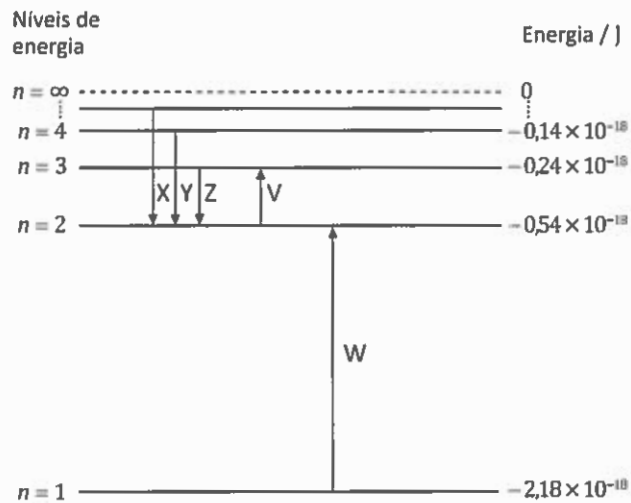


Figura A

- 12.1. A Figura B representa o espectro de emissão do átomo de hidrogénio.

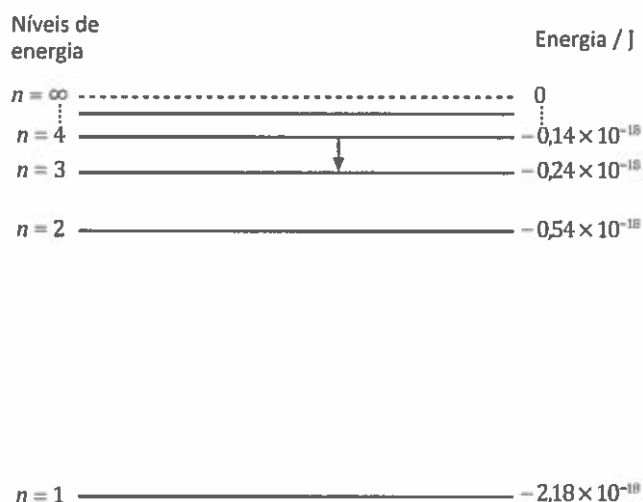


Figura B

Qual das transições eletrónicas assinaladas na Figura A corresponde à risca vermelha do espectro de emissão do hidrogénio?

- (A) Transição Z  
 (B) Transição W  
 (C) Transição X  
 (D) Transição V
- 12.2. A energia de ionização do hidrogénio, expressa em  $\text{J mol}^{-1}$ , é
- (A)  $2,18 \times 10^5 \text{ J mol}^{-1}$   
 (B)  $7,86 \times 10^6 \text{ J mol}^{-1}$   
 (C)  $1,09 \times 10^5 \text{ J mol}^{-1}$   
 (D)  $1,31 \times 10^6 \text{ J mol}^{-1}$
- 12.3. Considere que um átomo de hidrogénio se encontra no primeiro estado excitado ( $n = 2$ ) e que, sobre esse átomo, incide radiação de energia igual a  $3,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ .  
 Indique, justificando, se ocorrerá a transição do eletrão para o nível energético seguinte.

13. A figura representa o diagrama de níveis de energia do átomo de hidrogénio, no qual está assinalada uma transição eletrónica.



- 13.1. A variação de energia associada à transição eletrónica assinalada é
- (A)  $-2,4 \times 10^{-19}$  J                      (B)  $-1,4 \times 10^{-19}$  J
- (C)  $-1,0 \times 10^{-19}$  J                      (D)  $-3,8 \times 10^{-19}$  J
- 13.2. A transição eletrónica assinalada no diagrama representado na figura origina uma risca na região do \_\_\_\_\_ no espectro de \_\_\_\_\_ do átomo de hidrogénio.
- (A) infravermelho ... absorção
- (B) ultravioleta ... emissão
- (C) infravermelho ... emissão
- (D) ultravioleta ... absorção
- 13.3. No átomo de hidrogénio, a variação de energia associada à transição do eletrão do nível 2 para o nível 1 pode ser traduzida pela expressão
- (A)  $(-2,18 \times 10^{-18} + 0,54 \times 10^{-18})$  J
- (B)  $(-2,18 \times 10^{-18} - 0,54 \times 10^{-18})$  J
- (C)  $(0,54 \times 10^{-18} + 2,18 \times 10^{-18})$  J
- (D)  $(-0,54 \times 10^{-18} + 2,18 \times 10^{-18})$  J
- 13.4. No átomo de hidrogénio, qualquer transição do eletrão para o nível 1 envolve
- (A) emissão de radiação visível.
- (B) absorção de radiação visível.
- (C) emissão de radiação ultravioleta.
- (D) absorção de radiação ultravioleta.

14. Na Figura A, está representado um diagrama de níveis de energia do átomo de hidrogénio.

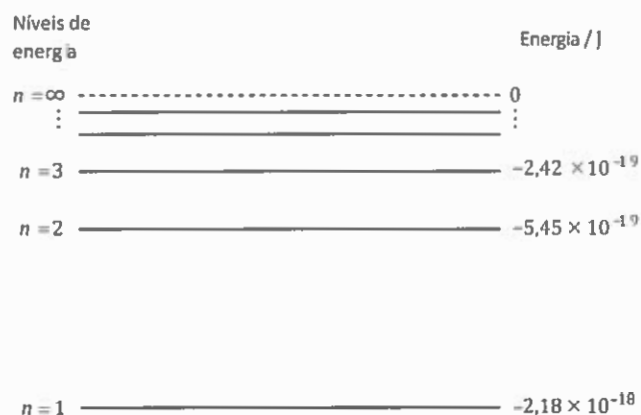


Figura A

A Figura B representa parte do espectro de emissão do átomo de hidrogénio, na região do visível.

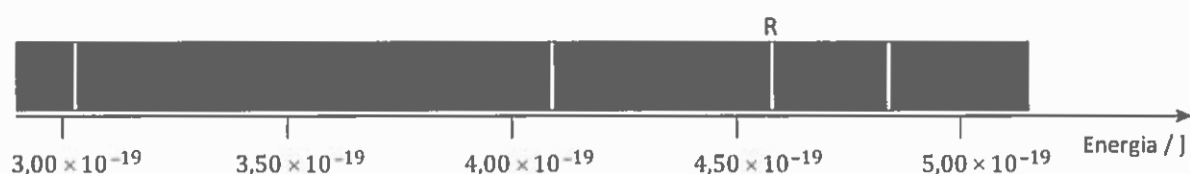


Figura B

Calcule, para a transição eletrónica que origina a risca assinalada pela letra R na Figura B, a energia do nível em que o eletrão se encontrava inicialmente.

Apresente todas as etapas de resolução.

15. A tabela seguinte apresenta os valores de energia dos níveis  $n = 1$ ,  $n = 2$ ,  $n = 3$  e  $n = 4$  do átomo de hidrogénio.

$n$	$E_n / J$
1	$-2,18 \times 10^{-18}$
2	$-5,45 \times 10^{-19}$
3	$-2,42 \times 10^{-19}$
4	$-1,40 \times 10^{-19}$

15.1. Qual é a energia mínima necessária para remover o eletrão de um átomo de hidrogénio no estado fundamental?

- 15.2. A transição do eletrão do átomo de hidrogénio do nível  $n = 1$  para o nível  $n = 2$  envolve a
- (A) absorção de  $1,64 \times 10^{-18}$  J.
  - (B) libertação de  $1,64 \times 10^{-18}$  J.
  - (C) absorção de  $2,73 \times 10^{-18}$  J.
  - (D) libertação de  $2,73 \times 10^{-18}$  J.

- 15.3. Considere um átomo de hidrogénio no estado fundamental, no qual incide radiação de energia  $1,80 \times 10^{-18}$  J.

Conclua, justificando, se ocorre, ou não, transição do eletrão.

- 15.4. As transições eletrónicas no átomo de hidrogénio originam riscas diferenciadas nos espectros atómicos deste elemento.

O espectro de emissão do átomo de hidrogénio na região do visível apresenta, entre outras riscas, uma risca a uma energia de  $4,84 \times 10^{-19}$  J.

Considerando a transição que origina essa risca, a energia do nível em que o eletrão se encontrava inicialmente pode ser calculada pela expressão

- (A)  $(-5,45 \times 10^{-19} + 4,84 \times 10^{-19})$  J
  - (B)  $(-5,45 \times 10^{-19} - 4,84 \times 10^{-19})$  J
  - (C)  $(-2,18 \times 10^{-18} + 4,84 \times 10^{-19})$  J
  - (D)  $(-2,18 \times 10^{-18} - 4,84 \times 10^{-19})$  J
16. Verifica-se que os sais de potássio conferem uma cor violeta à chama de um bico de Bunsen, pelo que o teste de chama pode ser utilizado para averiguar a presença desse elemento, em amostras sólidas.
- A cor observada deve-se à \_\_\_\_\_ de radiação, quando eletrões do ião potássio transitam de níveis energéticos \_\_\_\_\_ para níveis energéticos \_\_\_\_\_.
- (A) emissão ... inferiores ... superiores
  - (B) emissão ... superiores ... inferiores
  - (C) absorção ... inferiores ... superiores
  - (D) absorção ... superiores ... inferiores

17. Um átomo é formado quase completamente por espaço vazio. Toda a sua massa se deve ao diminuto núcleo central. O espaço que o rodeia estende-se até uma distância de cerca de 10 mil vezes o diâmetro do núcleo e é ocupado por uma mão-cheia de eletrões – seis, por exemplo, no caso do átomo de carbono.

O vazio extranuclear é, porém, a sede da personalidade de um elemento – o núcleo é um observador passivo, responsável por dirigir o conjunto de eletrões em seu redor, dos quais apenas alguns participam nas reações químicas.

Os cientistas não puderam resistir à tentação de supor que os eletrões eram como planetas para o núcleo-estrela. No entanto, este modelo planetário, adotado, entre outros, por Niels Bohr, estava errado. A verificação de que os eletrões não são apenas partículas no sentido comum, mas possuem também um carácter ondulatório intrínseco, permite atribuir-lhes um carácter duplo, que implica que seja totalmente inapropriado visualizar os eletrões como partículas em órbitas bem definidas. Por volta de 1926, Erwin Schrödinger desenvolveu uma equação que, quando resolvida, permite obter informação acerca do comportamento dos eletrões nos átomos. As soluções desta equação permitem calcular a probabilidade de encontrar o eletrão numa dada região do espaço e não a sua localização precisa em cada instante, como na física clássica.

P. Atkins, *O Dedo de Galileu – As dez grandes ideias da Ciência*, Gradiva, 1.ª ed., 2007 (adaptado)

- 17.1. Como se designam os eletrões que participam nas reações químicas?
- 17.2. Como se designa uma região do espaço onde, em torno do núcleo de um átomo, existe uma elevada probabilidade de encontrar um eletrão desse átomo?
- 17.3. Qual das configurações eletrónicas seguintes pode corresponder a um átomo de carbono no estado fundamental?
- (A)  $1s^2 2s^1 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$
- (B)  $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^0 2p_z^1$
- (C)  $1s^2 2s^2 2p_x^2$
- (D)  $1s^2 2s^1 2p_x^2 2p_y^1$
- 17.4. Quantos valores diferenciados de energia apresentam os eletrões de um átomo de carbono no estado fundamental?
- (A) Seis                      (B) Quatro
- (C) Três                      (D) Dois
- 17.5. Os átomos dos isótopos 12 e 13 do carbono têm
- (A) números atómicos diferentes.
- (B) números de massa iguais.
- (C) igual número de eletrões.
- (D) igual número de neutrões.

18. Considere átomos de cloro no estado fundamental.
- 18.1. Num átomo de cloro, no estado fundamental, existem, no total,
- (A) cinco elétrons de valência distribuídos por três orbitais.
  - (B) cinco elétrons de valência distribuídos por duas orbitais.
  - (C) sete elétrons de valência distribuídos por duas orbitais.
  - (D) sete elétrons de valência distribuídos por quatro orbitais.
- 18.2. Como se designa a energia mínima necessária para remover um elétron de um átomo de cloro, isolado e em fase gasosa, no estado fundamental?
19. «Por oposição a estado fundamental, que é o estado *natural* dos átomos, existem estados que correspondem à excitação dos átomos por fornecimento de energia.»
- J. L. da Silva, P. F. da Silva, *A Importância de Ser Elétron*, Lisboa, Gradiva, p. 99, 2009
- 19.1. O que se designa por estado fundamental de um átomo?
- 19.2. Considere um átomo do elemento que pertence ao 2.<sup>o</sup> período e ao grupo 15 da tabela periódica.
- Quantos valores diferenciados de energia apresentam os elétrons de valência desse átomo no estado fundamental?
- (A) Dois.
  - (B) Três.
  - (C) Quatro.
  - (D) Cinco.
- 19.3. Considere um átomo do elemento cujo número atômico é 8.
- Qual das configurações eletrônicas seguintes pode corresponder a esse átomo num estado excitado?
- (A)  $1s^2 2s^1 2p_x^3 2p_y^1 2p_z^1$
  - (B)  $1s^2 2s^1 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^1$
  - (C)  $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^2 2p_z^1$
  - (D)  $1s^1 2s^3 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$
20. O nitrogénio (N) é um elemento químico essencial à vida, uma vez que entra na constituição de muitas moléculas biologicamente importantes.
- 20.1. No átomo de nitrogénio no estado fundamental, existem
- (A) cinco elétrons de valência, distribuídos por duas orbitais.
  - (B) três elétrons de valência, distribuídos por quatro orbitais.
  - (C) cinco elétrons de valência, distribuídos por quatro orbitais.
  - (D) três elétrons de valência, distribuídos por uma orbital.



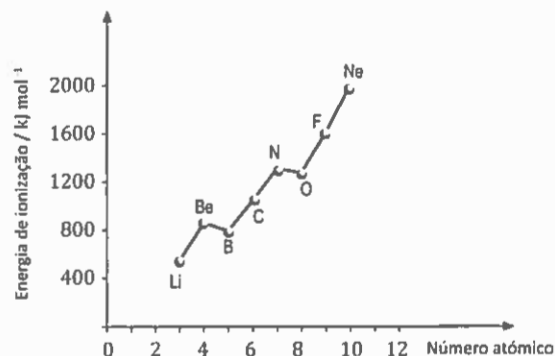
- 20.2. Os eletrões de valência do átomo de nitrogénio, no estado fundamental, encontram-se distribuídos por
- (A) duas orbitais, uma das quais apresenta menor energia do que a outra.
  - (B) quatro orbitais, uma das quais apresenta menor energia do que as outras.
  - (C) quatro orbitais, apresentando todas a mesma energia.
  - (D) duas orbitais, apresentando ambas a mesma energia.
- 20.3. Justifique a afirmação seguinte, com base nas posições relativas dos elementos nitrogénio (N) e fósforo (P), na tabela periódica.
- A energia de ionização do nitrogénio é superior à energia de ionização do fósforo.
21. A cafeína é um composto cujas unidades estruturais são constituídas por átomos de carbono, hidrogénio, nitrogénio e oxigénio.
- 21.1. No estado de energia mínima, os átomos dos elementos carbono, nitrogénio e oxigénio apresentam o mesmo número de
- (A) orbitais s e p totalmente preenchidas.
  - (B) orbitais p semipreenchidas.
  - (C) orbitais s totalmente preenchidas.
  - (D) orbitais p totalmente preenchidas.
- 21.2. Os átomos de carbono (C), no estado fundamental, apresentam, no total, \_\_\_\_\_ eletrões de valência, distribuídos por \_\_\_\_\_.
- (A) dois ... uma orbital
  - (B) dois ... duas orbitais
  - (C) quatro ... duas orbitais
  - (D) quatro ... três orbitais
- 21.3. O carbono e o nitrogénio são elementos que ocupam posições consecutivas no mesmo \_\_\_\_\_ da tabela periódica, sendo de prever que a energia de ionização do carbono seja \_\_\_\_\_ à energia de ionização do nitrogénio.
- (A) período ... superior
  - (B) grupo ... superior
  - (C) grupo ... inferior
  - (D) período ... inferior
- 21.4. Indique o valor da energia da radiação emitida na transição eletrónica entre os níveis  $n = 3$  e  $n = 2$  do átomo de hidrogénio, com base nos valores de energia desses níveis, respetivamente  $-0,24 \times 10^{-18}$  J e  $-0,54 \times 10^{-18}$  J.

22. Um dos sulfatos industrialmente mais importantes é o sulfato de sódio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), muito usado na produção de pasta de papel e na indústria de detergentes, entre outras. O sulfato de sódio é constituído por sódio (Na), enxofre (S) e oxigénio (O).
- 22.1. Qual é uma configuração eletrónica possível de um átomo de enxofre num estado excitado?
- (A)  $1s^2 2s^2 2p^7 3s^2 3p^3$   
(B)  $1s^2 2s^2 2p^5 3s^2 3p^5$   
(C)  $1s^2 2s^1 2p^6 3s^3 3p^4$   
(D)  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$
- 22.2. Os átomos de enxofre formam facilmente iões sulfureto.  
Conclua, justificando com base na posição do elemento enxofre (S) na tabela periódica, qual será a carga desses iões.
- 22.3. Num átomo de oxigénio, no estado fundamental, existem diversas orbitais preenchidas. Dessas orbitais, apenas
- (A) duas se encontram completamente preenchidas.  
(B) duas de valência se encontram semipreenchidas.  
(C) uma de valência se encontra completamente preenchida.  
(D) uma se encontra semipreenchida.
- 22.4. Justifique a afirmação seguinte, com base nas posições relativas dos elementos sódio e enxofre na tabela periódica.  
O raio atómico do sódio é superior ao raio atómico do enxofre.
23. O iodo (I) e o flúor (F) apresentam comportamento químico semelhante, porque
- (A) pertencem ao mesmo período da tabela periódica.  
(B) apresentam valores muito baixos de energia de ionização.  
(C) apresentam o mesmo número de eletrões de valência.  
(D) apresentam valores muito semelhantes de raio atómico.
24. «Existem vários átomos cujas configurações eletrónicas de valência são semelhantes, diferindo apenas no facto de envolverem diferentes números quânticos principais.»  
J. L. da Silva, P. F. da Silva, *A Importância de Ser Eletrão*, Lisboa, Gradiva, p. 101, 2009
- 24.1. Esta afirmação refere-se a átomos de elementos de um mesmo \_\_\_\_\_ da tabela periódica, que apresentam um número \_\_\_\_\_ de eletrões de valência.
- (A) período ... igual                      (B) grupo ... diferente  
(C) período ... diferente                (D) grupo ... igual

24.2. Explique porque é que a energia de ionização dos átomos dos elementos representativos da tabela periódica diminui ao longo de um mesmo grupo (à medida que o número atómico aumenta).

25. O gráfico da figura representa a relação entre a energia de ionização e o número atómico dos elementos, ao longo do 2.º período da tabela periódica.

Justifique o facto de a energia de ionização apresentar uma tendência geral para aumentar ao longo do 2.º período da tabela periódica.



26. A energia de ionização do átomo de oxigénio, isolado e em fase gasosa, é a energia mínima necessária para que, a partir do átomo no estado fundamental, se forme o ião

- (A)  $O^{-}(g)$                       (B)  $O^{2-}(g)$                       (C)  $O^{+}(g)$                       (D)  $O^{2+}(g)$

27. Um dos iões mais abundantes na ionosfera é o ião  $O^{+}(g)$ .

A configuração eletrónica de valência do ião  $O^{+}(g)$  no estado fundamental apresenta, no total,

- (A) dois eletrões desemparelhados.  
 (B) três eletrões desemparelhados.  
 (C) duas orbitais completamente preenchidas.  
 (D) três orbitais completamente preenchidas.

28. Considere o período da tabela periódica onde se encontra o elemento oxigénio.

Qual é o elemento desse período cujos átomos, no estado fundamental, apresentam maior raio atómico?

29. Explique porque é que o raio atómico do oxigénio é menor do que o raio atómico do carbono.

Tenha em consideração as configurações eletrónicas destes átomos no estado fundamental.

30. A energia de ionização do oxigénio é  $1,31 \times 10^3 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

A energia mínima necessária para remover um eletrão de um átomo de oxigénio no estado fundamental, isolado e em fase gasosa é

- (A)  $2,18 \times 10^{-24} \text{ J}$ , sendo o eletrão removido de uma qualquer orbital de valência.  
 (B)  $2,18 \times 10^{-24} \text{ J}$ , sendo o eletrão removido de uma orbital 2p.  
 (C)  $2,18 \times 10^{-18} \text{ J}$ , sendo o eletrão removido de uma qualquer orbital de valência.  
 (D)  $2,18 \times 10^{-18} \text{ J}$ , sendo o eletrão removido de uma orbital 2p.

31. A energia de ionização do lítio (Li) é  $519 \text{ kJ mol}^{-1}$ .  
Transcreva e complete o esquema seguinte de modo a obter uma equação química que traduza a ionização de 1 mol de átomos de lítio, no estado fundamental, isolados e em fase gasosa, quando lhes é fornecida uma energia de 519 kJ.



32. Explique porque é que o átomo de carbono apresenta menor energia de ionização do que o átomo de nitrogénio.

Tenha em consideração as configurações eletrónicas desses átomos no estado fundamental.

33. Explique, com base nas configurações eletrónicas dos respetivos átomos no estado fundamental, porque é que o potássio reage mais vigorosamente com a água do que o lítio.

34. As moedas de 10 cêntimos de euro são compostas por ouro nórdico, uma liga metálica constituída por cobre (Cu), alumínio (Al), zinco (Zn) e estanho (Sn).

34.1. O cobre e o zinco são elementos \_\_\_\_\_, que se situam no mesmo \_\_\_\_\_ da tabela periódica.

- (A) de transição ... período
- (B) de transição ... grupo
- (C) representativos ... período
- (D) representativos ... grupo

34.2. Um dos isótopos naturais do cobre é o cobre-63.

Quantos neutrões existem no núcleo de um átomo deste isótopo do cobre?

- (A) 29 neutrões.
- (B) 34 neutrões.
- (C) 63 neutrões.
- (D) 92 neutrões.

34.3. O ião  $\text{Al}^{3+}$  tem \_\_\_\_\_ eletrões, distribuídos por \_\_\_\_\_ orbitais.

- (A) dez ... três
- (B) dez ... cinco
- (C) dezasseis ... cinco
- (D) dezasseis ... nove

34.4. As moedas de 10 cêntimos de euro têm uma massa de 4,10 g. No ouro nórdico, a percentagem, em massa, de cobre é 89%.

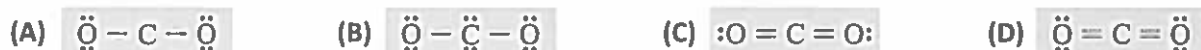
Determine o número de átomos de cobre numa moeda de 10 cêntimos de euro.

Apresente todas as etapas de resolução.

Nota: item com conteúdos de Química de 10.º ano (Propriedades e transformações da matéria)

**DOMÍNIO:**  
**Propriedades e transformações  
da matéria**

1. Em qual das opções seguintes está representada na notação de Lewis a molécula de dióxido de carbono?



2. Qual é o ângulo de ligação, em graus, na molécula de  $\text{CO}_2$ ?

3. Explique porque é que a geometria da molécula de dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ , é linear.

4. O etino,  $\text{C}_2\text{H}_2$ , é um hidrocarboneto, de fórmula de estrutura



4.1. Classifique, justificando, a ligação que se estabelece entre os átomos de carbono, na molécula considerada.

4.2. Comparando as ligações  $\text{C} - \text{C}$  e  $\text{C} \equiv \text{C}$ , a ligação  $\text{C} \equiv \text{C}$  apresenta

- (A) maior energia de ligação e menor comprimento de ligação.
- (B) menor energia de ligação e menor comprimento de ligação.
- (C) maior energia de ligação e maior comprimento de ligação.
- (D) menor energia de ligação e maior comprimento de ligação.

5. A molécula  $\text{CH}_4$  apresenta uma geometria tetraédrica.

5.1. Indique as posições relativas dos átomos constituintes da molécula  $\text{CH}_4$  no tetraedro e refira o tipo de ligações que se estabelecem entre o átomo de carbono e os átomos de hidrogénio.

5.2. Nas moléculas de metano,

- (A) não existem eletrões de valência não ligantes, e existem, no total, oito eletrões ligantes.
- (B) existem eletrões de valência não ligantes, e existem, no total, quatro eletrões ligantes.
- (C) não existem eletrões de valência não ligantes, e existem, no total, quatro eletrões ligantes.
- (D) existem eletrões de valência não ligantes, e existem, no total, oito eletrões ligantes.

6. O triclorofluorometano,  $\text{CFCl}_3$ , é um derivado halogenado do metano.

6.1. Na molécula  $\text{CFCl}_3$  \_\_\_\_\_ pares de eletrões de valência não ligantes, apresentando a molécula um total de \_\_\_\_\_ pares de eletrões de valência ligantes.

- (A) existem ... oito
- (B) existem ... quatro
- (C) não existem ... oito
- (D) não existem ... quatro

6.2. A energia média da ligação C – F é  $467 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

O valor médio da energia, em joule (J), que é libertada quando se estabelece uma ligação C - F é

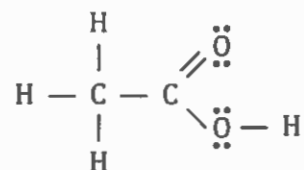
- (A)  $\frac{6,02 \times 10^{23}}{467 \times 10^3} \text{ J}$       (B)  $\frac{10^3}{467 \times 6,02 \times 10^{23}} \text{ J}$   
 (C)  $\frac{467 \times 6,02 \times 10^{23}}{10^3} \text{ J}$       (D)  $\frac{467 \times 10^3}{6,02 \times 10^{23}} \text{ J}$

7. As moléculas CO e CO<sub>2</sub> podem ser representadas, respetivamente, por



A ligação carbono–oxigénio na molécula CO<sub>2</sub> tem \_\_\_\_\_ energia e \_\_\_\_\_ comprimento do que a ligação carbono–oxigénio na molécula CO.

- (A) maior ... maior      (B) menor ... maior  
 (C) menor ... menor      (D) maior ... menor
8. A molécula de CH<sub>3</sub>COOH pode ser representada através da notação de Lewis por



8.1. A molécula de CH<sub>3</sub>COOH apresenta, no total,

- (A) 24 eletrões de valência.  
 (B) 16 eletrões de valência.  
 (C) 12 eletrões de valência.  
 (D) 8 eletrões de valência.

8.2. Quantos átomos de hidrogénio existem em 5,0 moles de moléculas de ácido acético, CH<sub>3</sub>COOH?

- (A)  $2,4 \times 10^{25}$       (B)  $3,0 \times 10^{24}$   
 (C)  $2,4 \times 10^{24}$       (D)  $1,2 \times 10^{25}$

Nota: Item de Química de 10.º ano (Elementos químicos e sua organização)

9. Os átomos de carbono e de nitrogénio podem ligar-se entre si de modos diferentes. Em alguns compostos a ligação carbono – nitrogénio é covalente tripla, enquanto noutros compostos a ligação carbono – nitrogénio é covalente simples.

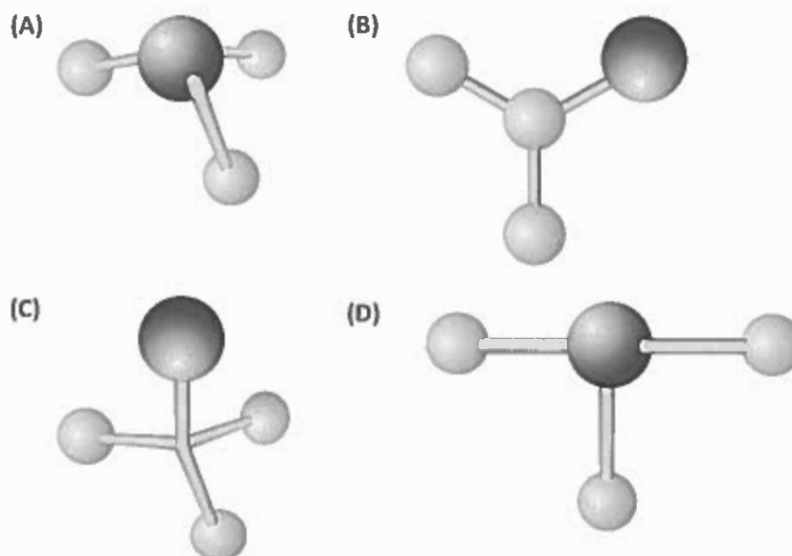
O valor da energia média de uma dessas ligações é  $276 \text{ kJ mol}^{-1}$ , enquanto o valor relativo à outra ligação é  $891 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Em relação ao comprimento médio dessas ligações, para uma o valor é  $116 \text{ pm}$ , enquanto para a outra é  $143 \text{ pm}$ .

O valor da energia média da ligação tripla carbono – nitrogénio é \_\_\_\_\_, e o valor do comprimento médio dessa ligação é \_\_\_\_\_.

- (A)  $276 \text{ kJ mol}^{-1} \dots 116 \text{ pm}$   
(B)  $276 \text{ kJ mol}^{-1} \dots 143 \text{ pm}$   
(C)  $891 \text{ kJ mol}^{-1} \dots 116 \text{ pm}$   
(D)  $891 \text{ kJ mol}^{-1} \dots 143 \text{ pm}$
10. O ião cianeto,  $\text{CN}^-$ , constituído pelos elementos químicos carbono e nitrogénio, é muito tóxico.
- 10.1. O ião cianeto apresenta, no total, o mesmo número de eletrões que a molécula  $\text{N}_2$ .  
O ião  $\text{CN}^-$  apresenta, assim, no total,  
(A) catorze eletrões, seis dos quais são de valência.  
(B) dez eletrões, sete dos quais são de valência.  
(C) dez eletrões, seis dos quais são de valência.  
(D) catorze eletrões, dez dos quais são de valência.
- 10.2. No ião cianeto, a ligação entre o átomo de carbono e o átomo de nitrogénio é uma ligação covalente tripla, tal como a ligação entre os átomos de nitrogénio na molécula  $\text{N}_2$ .  
Preveja, justificando com base nas posições relativas dos elementos carbono e nitrogénio na tabela periódica, qual das ligações,  $\text{C} \equiv \text{N}$  ou  $\text{N} \equiv \text{N}$ , apresentará maior energia de ligação.
11. O amoníaco,  $\text{NH}_3$  (g), é um composto molecular que se encontra em fase gasosa à temperatura e pressão ambientes.
- 11.1. A representação da molécula de  $\text{NH}_3$  através da notação de Lewis evidencia  
(A) a geometria da molécula.  
(B) apenas os eletrões de valência partilhados da molécula.  
(C) a orientação espacial da molécula.  
(D) todos os eletrões de valência da molécula.



- 11.2. Qual das opções seguintes pode representar um modelo tridimensional da molécula de  $\text{NH}_3$  que evidencie as ligações que se estabelecem entre os átomos?



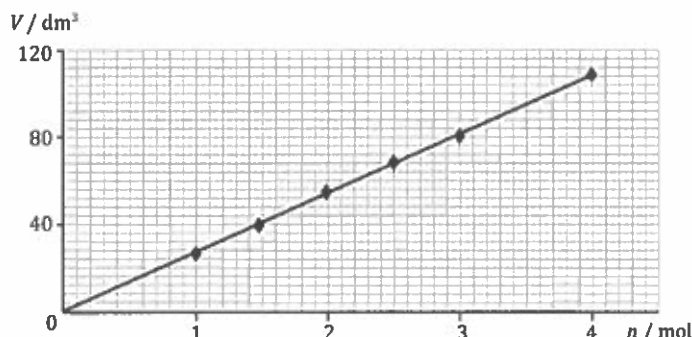
- 11.3. Atendendo apenas à estequiometria do composto, a molécula  $\text{NH}_3$  poderia assumir uma geometria triangular plana. No entanto, aquela molécula apresenta uma geometria piramidal trigonal.

Apresente uma explicação para o facto de a molécula de amoníaco adotar uma geometria piramidal trigonal.

12. Na molécula de  $\text{N}_2$ , a energia da ligação  $\text{N} \equiv \text{N}$  é  $941 \text{ kJ mol}^{-1}$ .  
Quando se formam, a pressão constante, duas moles de átomos de nitrogénio, no estado gasoso, a partir de uma mole de  $\text{N}_2(\text{g})$ , é \_\_\_\_\_, como calor, uma energia de \_\_\_\_\_ kJ.
- (A) libertada ... 941  
(B) libertada ... 1882  
(C) absorvida ... 941  
(D) absorvida ... 1882
13. Na representação da molécula de  $\text{N}_2$  na notação de Lewis, quantos eletrões, no total, devem estar representados?

14. A energia, transferida como calor, necessária para dissociar 1 mol de moléculas de  $N_2(g)$ , a pressão constante, é 945 kJ.  
A variação de entalpia associada à obtenção de 4 mol de átomos de nitrogénio, em fase gasosa, a partir de 2 mol de  $N_2(g)$  é
- (A)  $+(4 \times 945) \text{ kJ}$   
(B)  $-(4 \times 945) \text{ kJ}$   
(C)  $+(2 \times 945) \text{ kJ}$   
(D)  $-(2 \times 945) \text{ kJ}$
15. Os átomos dos halogéneos podem ligar-se a átomos de hidrogénio, originando compostos designados por halogenetos de hidrogénio, como, por exemplo, o cloreto de hidrogénio, HCl, e o iodeto de hidrogénio, HI.
- 15.1. Quantos eletrões de valência existem, no total, na molécula de HCl?
- 15.2. O cloro antecede o iodo no mesmo \_\_\_\_\_ da tabela periódica, o que permite prever que o comprimento da ligação H – Cl deverá ser \_\_\_\_\_ do que o comprimento da ligação H – I.
- (A) grupo ... maior                      (B) grupo ... menor  
(C) período ... menor                  (D) período ... maior
16. O nitrogénio molecular ( $N_2$ ) é um gás à temperatura e pressão ambientes, sendo o componente largamente maioritário da atmosfera terrestre.
- 16.1. Considere que a energia média de ligação N – N é igual a  $193 \text{ kJ mol}^{-1}$  e que, na molécula de nitrogénio a ligação que se estabelece entre os átomos é uma ligação covalente tripla.  
A quebra das ligações triplas em 1 mol de moléculas de nitrogénio, no estado gasoso, envolve a \_\_\_\_\_ de uma energia \_\_\_\_\_ a 193 kJ.
- (A) libertação ... inferior  
(B) libertação ... superior  
(C) absorção ... superior  
(D) absorção ... inferior

- 16.2. O gráfico da figura representa o volume,  $V$ , de diferentes amostras de nitrogénio ( $N_2$ ), em função da quantidade de gás,  $n$ , existente nessas amostras, à pressão de 752 mm Hg e à temperatura de 55 °C.



Que significado físico tem o declive da reta representada?

- 16.3. Em determinadas condições de pressão e de temperatura, 0,5 mol de  $N_2$  (g) ocupa o volume  $V_1$ . Nas mesmas condições de pressão e de temperatura, 0,5 mol de  $NO_2$  (g) ocupa o volume
- (A)  $\frac{2}{3} V_1$       (B)  $V_1$       (C)  $\frac{3}{2} V_1$       (D)  $2V_1$
- 16.4. A massa volúmica do nitrogénio,  $N_2$  (g), em condições normais de pressão e de temperatura (condições PTN), expressa em  $g\ cm^{-3}$ , pode ser determinada a partir da expressão
- (A)  $\rho = \frac{14,01}{22,4}$       (B)  $\rho = \frac{28,02}{22,4 \times 10^3}$       (C)  $\rho = \frac{28,02}{22,4}$       (D)  $\rho = \frac{14,01}{22,4 \times 10^3}$
- 16.5. Em condições PTN,
- (A) uma mistura de 0,25 mol de  $O_2$  (g) e 0,75 mol de  $N_2$  (g) ocupa 22,4  $dm^3$ .
- (B) 1,0 mol de  $O_2$  (g) ocupa um volume menor do que 1,0 mol de  $CO_2$  (g).
- (C) a massa volúmica de um gás é tanto maior quanto menor for a sua massa molar.
- (D) massas iguais de  $N_2$  (g) e de  $O_2$  (g) ocupam o mesmo volume.
17. O ar que constitui a camada mais baixa da atmosfera, a troposfera, é uma mistura de gases composta essencialmente por cerca de 78%, em volume, de nitrogénio e 21%, em volume, de oxigénio. Os restantes gases – árgon, vapor de água, dióxido de carbono, néon, etc. – existem em percentagens relativamente baixas, embora alguns deles sejam muito importantes para a vida na Terra.

F. Duarte Santos, *Que Futuro? Ciência, Tecnologia, Desenvolvimento e Ambiente*, Gradiva, 2007 (adaptado)

- 17.1. O número de moléculas de oxigénio que existem em 100  $dm^3$  de ar, na troposfera, em condições normais de pressão e de temperatura, pode ser calculado através da expressão

(A)  $\left(\frac{100}{6,02 \times 10^{23}}\right) \times 22,4$       (B)  $\left(\frac{100}{0,21 \times 6,02 \times 10^{23}}\right) \times 22,4$

(C)  $\left(\frac{100}{22,4}\right) \times 6,02 \times 10^{23}$       (D)  $\left(\frac{100 \times 0,21}{22,4}\right) \times 6,02 \times 10^{23}$

17.2. Considere uma amostra de ar seco, recolhida ao nível do mar, de volume  $5,0 \text{ dm}^3$ , medido nas condições normais de pressão e de temperatura.

Calcule a massa de  $\text{O}_2$  (g) que deverá existir nessa amostra.

Apresente todas as etapas de resolução.

17.3. Considere a representação da molécula de  $\text{O}_2$  na notação de Lewis.

Quantos eletrões não compartilhados devem ser representados em cada um dos átomos de oxigénio?

(A) Dois.

(B) Quatro.

(C) Seis.

(D) Oito.

18. Nos finais do século XVIII, elevaram-se na atmosfera os primeiros balões cheios de ar, do tipo representado na figura.

Considere que o ar contém cerca de 21%, em volume, de oxigénio e que  $V_m$  representa o volume molar de um gás, em  $\text{dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ , em quaisquer condições de pressão e de temperatura.

Qual das expressões seguintes permite calcular a quantidade aproximada de oxigénio que existia num balão de volume  $800 \text{ m}^3$ ?

(A)  $\left(\frac{800 \times 10 \times 0,21}{V_m}\right) \text{ mol}$

(B)  $\left(\frac{800 \times 10}{0,21} \times V_m\right) \text{ mol}$

(C)  $\left(\frac{800 \times 10^3 \times 0,21}{V_m}\right) \text{ mol}$

(D)  $\left(\frac{800 \times 10^3}{0,21} \times V_m\right) \text{ mol}$



19. O ar seco é uma mistura gasosa constituída essencialmente por nitrogénio,  $\text{N}_2$ (g), e por oxigénio,  $\text{O}_2$ (g), na qual existem ainda componentes minoritários como o argón,  $\text{Ar}$ (g), e o dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ (g).

19.1. Considere que o teor de  $\text{CO}_2$  (g) no ar seco é, aproximadamente, 0,05 % (m/m).

19.1.1. O teor de  $\text{CO}_2$  (g) no ar seco, em ppm, é, aproximadamente,

(A)  $5 \times 10^6$  ppm

(B)  $5 \times 10^4$  ppm

(C)  $5 \times 10^2$  ppm

(D) 5 ppm

19.1.2. Qual das expressões seguintes permite calcular a quantidade de  $\text{CO}_2$  que existirá numa amostra de 1 kg de ar seco?

(A)  $\left(\frac{0,05 \times 10}{44,01}\right) \text{ mol}$

(B)  $\left(\frac{0,05 \times 100}{44,01}\right) \text{ mol}$

(C)  $\left(\frac{0,05}{100 \times 44,01}\right) \text{ mol}$

(D)  $\left(\frac{0,05}{10 \times 44,01}\right) \text{ mol}$

19.2. Considere que em 100 g de ar seco existem 23,14 g de  $\text{O}_2$  (g) e que, nas condições normais de pressão e de temperatura (PTN), a massa volúmica do ar seco é  $1,30 \text{ g dm}^{-3}$ .

Determine a percentagem em volume de  $\text{O}_2$  (g) no ar seco.

Apresente todas as etapas de resolução.

19.3. A molécula de  $\text{CO}_2$  apresenta geometria linear, porque

(A) é uma molécula triatómica.

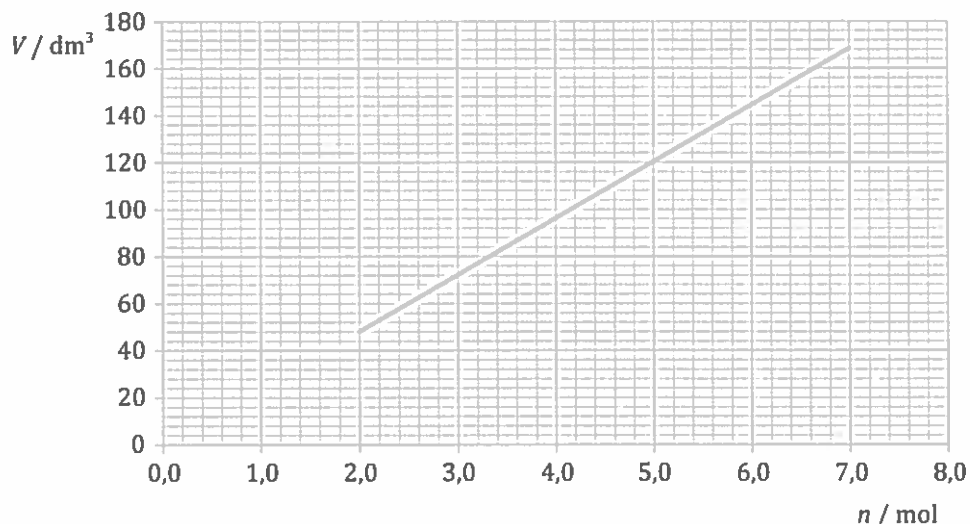
(B) é uma molécula simétrica.

(C) não existem eletrões de valência não ligantes no átomo de carbono.

(D) existem eletrões de valência não ligantes nos átomos de oxigénio.

20. Considere uma mistura gasosa constituída por 76,5% (m/m) de nitrogénio,  $\text{N}_2(\text{g})$ , e por 23,5% (m/m) de oxigénio,  $\text{O}_2(\text{g})$ .

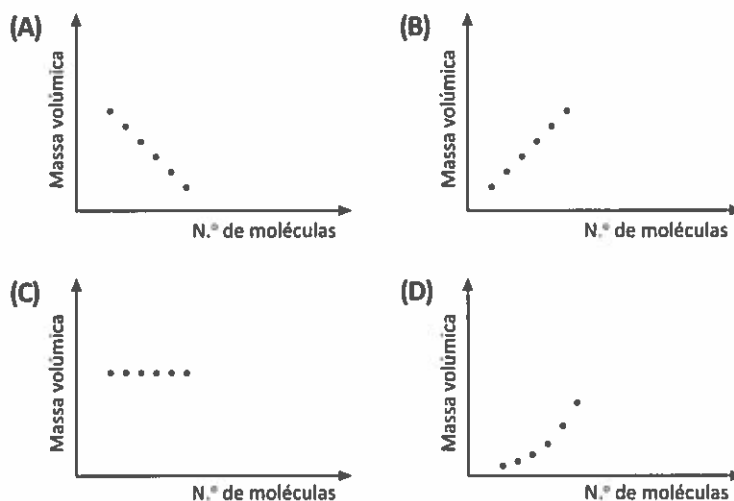
Na figura, está representado um gráfico do volume,  $V$ , ocupado por um gás ideal (como é o caso da mistura gasosa considerada) em função da quantidade,  $n$ , de gás, a  $20^\circ\text{C}$  e 1 atm.



- 20.1.** Qual é o significado físico do declive da reta representada?
- 20.2.** Calcule a massa volúmica da mistura gasosa, a 20 °C e 1 atm.  
Apresente todas as etapas de resolução.
- 21.** Nas mesmas condições de pressão e de temperatura, o volume ocupado por 0,5 mol de oxigénio,  $O_2(g)$ , é aproximadamente
- (A) um quarto do volume ocupado por 32 g desse mesmo gás.  
(B) um meio do volume ocupado por 32 g desse mesmo gás.  
(C) o dobro do volume ocupado por 32 g desse mesmo gás.  
(D) o quádruplo do volume ocupado por 32 g desse mesmo gás.
- 22.** O dióxido de carbono,  $CO_2$ , desempenha um papel importante na regulação da temperatura superficial da Terra.  
O teor médio de  $CO_2$  na troposfera tem aumentado de forma continuada nos últimos 150 anos, apresentando atualmente um valor de cerca de  $3,9 \times 10^{-2} \%$ , em volume.
- 22.1.** O teor de  $CO_2$  na troposfera, expresso em partes por milhão, em volume (ppmV), pode ser determinado a partir da expressão
- (A)  $\frac{10^2 \times 10^6}{3,9 \times 10^{-2}}$  ppmV                      (B)  $\frac{3,9 \times 10^{-2} \times 10^6}{10^2}$  ppmV  
(C)  $\frac{3,9 \times 10^{-2}}{10^2 \times 10^6}$  ppmV                      (D)  $\frac{10^2}{3,9 \times 10^{-2} \times 10^6}$  ppmV
- 22.2.** Calcule o número de moléculas de  $CO_2(g)$  que existem numa amostra de 10,0 dm<sup>3</sup> de ar troposférico, em condições PTN.  
Apresente todas as etapas de resolução.
- 22.3.** Qual é a percentagem, em massa, de carbono em 1 mol de moléculas de  $CO_2$ ?

- 22.4. Considere várias amostras de  $\text{CO}_2$  (g), contidas em recipientes fechados, nas mesmas condições de pressão e de temperatura.

Qual é o esboço do gráfico que pode traduzir a relação entre a massa volúmica das amostras de  $\text{CO}_2$  (g) e o número de moléculas desse gás existentes nessas amostras?



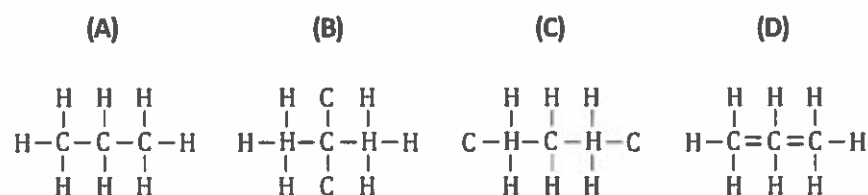
- 22.5. Considere que a massa volúmica do  $\text{CO}_2$  (g), à pressão de 1 atm e à temperatura de  $25^\circ\text{C}$ , é igual a  $1,80 \text{ g dm}^{-3}$ .

Calcule o volume ocupado por  $\frac{N_A}{2}$  moléculas de  $\text{CO}_2$  (g) nas condições de pressão e de temperatura referidas, sendo  $N_A$  a constante de Avogadro.

Apresente todas as etapas de resolução.

- 22.6. O carbono, elemento presente nas moléculas de  $\text{CO}_2$ , dá origem a uma grande variedade de compostos orgânicos, nos quais se incluem os hidrocarbonetos saturados, também designados por alcanos.

Selecione a opção que corresponde à representação correta de uma molécula de propano.



23. O metano ( $\text{CH}_4$ ), o óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) são gases à temperatura ambiente e à pressão normal.

- 23.1. O teor médio de  $\text{CH}_4$  (g) na troposfera é 1,7 partes por milhão em volume.

Este teor, em percentagem em volume, é

- |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| (A) $1,7 \times 10^{-2} \%$ | (B) $1,7 \times 10^{-4} \%$ |
| (C) $1,7 \times 10^{-6} \%$ | (D) $1,7 \times 10^{-8} \%$ |

- 23.2.** Considere uma amostra pura de  $\text{CH}_4$  (g) e uma amostra pura de  $\text{N}_2\text{O}$  (g), com volumes iguais, nas mesmas condições de pressão e de temperatura.
- Quantas vezes é que a amostra de  $\text{N}_2\text{O}$  é mais pesada do que a amostra de  $\text{CH}_4$ ?
- Apresente o resultado arredondado às unidades.
- 23.3.** Calcule o número total de átomos que existem em  $50,0 \text{ dm}^3$  de  $\text{CO}_2$  (g), nas condições normais de pressão e de temperatura (PTN).
- Apresente todas as etapas de resolução.
- 24.** Considere uma amostra de  $8,24 \text{ mol}$  de  $\text{CH}_4$  (g) e uma amostra de  $0,398 \text{ mol}$  de  $\text{CO}$  (g), nas mesmas condições de pressão e de temperatura.
- Quantas vezes é que o volume ocupado pela amostra de metano é maior do que o volume ocupado pela amostra de monóxido de carbono?
- Apresente o resultado com três algarismos significativos.
- 25.** A composição do gás natural depende, entre outros fatores, da localização do reservatório subterrâneo a partir do qual se faz a sua extração. No entanto, o gás natural é sempre maioritariamente constituído por metano,  $\text{CH}_4$  (g), embora possa conter outros gases, como, por exemplo, metilbutano, dióxido de carbono, vapor de água e sulfureto de hidrogénio.
- 25.1.** Considere que se extrai, de um determinado reservatório subterrâneo, gás natural contendo 70%, em volume, de metano.
- Determine o número de moléculas de metano que existem numa amostra de  $5,0 \text{ dm}^3$  do gás natural, nas condições normais de pressão e de temperatura.
- Apresente todas as etapas de resolução.
- 25.2.** As moléculas de água,  $\text{H}_2\text{O}$ , e de sulfureto de hidrogénio,  $\text{H}_2\text{S}$ , apresentam geometria semelhante. Preveja, justificando com base nas posições relativas dos elementos oxigénio e enxofre na tabela periódica, qual das ligações,  $\text{H} - \text{O}$  ou  $\text{H} - \text{S}$ , terá maior comprimento, na respetiva molécula.
- 26.** Um dos componentes minoritários que pode existir no gás natural é o nitrogénio,  $\text{N}_2$  (g).
- A composição em  $\text{N}_2$  (g), expressa em partes por milhão em volume, de uma amostra de gás natural que contém 1,3%, em volume, de nitrogénio, pode ser determinada a partir da expressão
- (A)  $\frac{1,3 \times 10^6}{10^2}$                       (B)  $\frac{1,3 \times 10^2}{10^6}$
- (C)  $\frac{10^6}{1,3 \times 10^2}$                       (D)  $\frac{10^2}{1,3 \times 10^6}$



27. O sulfureto de hidrogénio,  $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$ , é um gás incolor que tem um cheiro característico a ovos podres.

27.1. Considere uma amostra de  $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$  com o dobro do volume de uma amostra de metano,  $\text{CH}_4(\text{g})$ , nas mesmas condições de pressão e de temperatura.

Nessas condições, as amostras contêm

- (A) o mesmo número de moléculas. (B) a mesma quantidade de moléculas.  
(C) o mesmo número de átomos de hidrogénio. (D) a mesma quantidade de átomos.

27.2. O sulfureto de hidrogénio dissolve-se em água, dando origem ao ácido sulfídrico,  $\text{H}_2\text{S}(\text{aq})$ .

Se o teor de sulfureto de hidrogénio numa solução aquosa for 22 ppm, a massa, expressa em mg, de  $\text{H}_2\text{S}$  em 1 kg dessa solução é

- (A)  $22 \times 10^6$  (B) 22 (C)  $22 \times 10^{-3}$  (D)  $22 \times 10^3$

27.3. As moléculas de  $\text{H}_2\text{S}$  e de  $\text{H}_2\text{O}$  têm ambas geometria angular, apresentando o mesmo número de eletrões de valência.

Na molécula de  $\text{H}_2\text{S}$  existem, no total, \_\_\_\_\_ eletrões de valência, sendo \_\_\_\_\_ deles não ligantes.

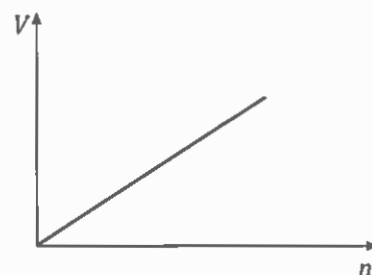
- (A) oito ... dois (B) seis ... quatro  
(C) seis ... dois (D) oito ... quatro

28. O dióxido de enxofre,  $\text{SO}_2$ , e o oxigénio,  $\text{O}_2$ , são duas substâncias com propriedades químicas diferentes, sendo ambas gasosas nas condições ambientais de pressão e de temperatura.

28.1. O gráfico da figura traduz o modo como varia o volume,  $V$ , de uma amostra de um gás ideal com a quantidade de substância,  $n$ , a pressão e temperatura constantes.

Admita que  $\text{SO}_2$  e  $\text{O}_2$  se comportam como gases ideais.

Em duas amostras gasosas, uma de  $\text{SO}_2$  e outra de  $\text{O}_2$ , nas mesmas condições de pressão e de temperatura, se os gases tiverem



- (A) volumes iguais, têm massas iguais.  
(B) volumes iguais, têm a mesma densidade.  
(C) o mesmo número de moléculas, têm volumes iguais.  
(D) o mesmo número de moléculas, têm a mesma densidade.

28.2. Calcule o número de moléculas de  $\text{SO}_2(\text{g})$  que existem numa amostra de  $50,0 \text{ cm}^3$  desse gás, em condições normais de pressão e de temperatura (PTN).

Apresente todas as etapas de resolução.

29. Quantas vezes é que a massa volúmica do  $\text{SO}_3$  (g) é maior do que a massa volúmica do  $\text{SO}_2$  (g), nas mesmas condições de pressão e de temperatura?

Apresente o resultado com três algarismos significativos.

30. O cianeto de hidrogénio, HCN, que tem um cheiro característico a amêndoa amarga, apresenta um ponto de ebulição de  $26\text{ }^\circ\text{C}$ , à pressão de 1 atm.

- 30.1. Um teor de HCN, no ar, de 0,860 ppm corresponde a um teor, expresso em percentagem em massa, de

- (A)  $8,60 \times 10^{-7} \%$                       (B)  $8,60 \times 10^{-5} \%$   
(C)  $8,60 \times 10^{-2} \%$                       (D)  $8,60 \times 10^3 \%$

- 30.2. Considere que a massa volúmica do HCN (g) ( $M = 27,03\text{ g mol}^{-1}$ ), à pressão de 1 atm e à temperatura de  $30\text{ }^\circ\text{C}$ , é  $1,086\text{ g dm}^{-3}$ .

Qual das expressões seguintes permite calcular a quantidade de HCN (g) que existe numa amostra pura de  $5,0\text{ dm}^3$  desse gás, nas condições de pressão e de temperatura referidas?

- (A)  $\left(\frac{1,086 \times 5,0}{27,03}\right)\text{ mol}$                       (B)  $\left(\frac{27,03}{1,086 \times 5,0}\right)\text{ mol}$   
(C)  $\left(\frac{1,086}{27,03 \times 5,0}\right)\text{ mol}$                       (D)  $\left(\frac{27,03 \times 5,0}{1,086}\right)\text{ mol}$

31. Nas mesmas condições de pressão e de temperatura, o volume ocupado por 4,00 g de hélio, He (g), é aproximadamente \_\_\_\_\_ volume ocupado por 4,00 g de hidrogénio,  $\text{H}_2$  (g).

- (A) igual ao  
(B) o dobro do  
(C) metade do  
(D) o quádruplo do

32. Num reator com a capacidade de 10,00 L, foi introduzida, à temperatura de  $700\text{ }^\circ\text{C}$ , uma mistura gasosa inicialmente constituída por 0,300 mol de CO (g) e por 0,300 mol de  $\text{H}_2\text{O}$  (g).

- 32.1. Qual é a quantidade total de átomos existente na mistura gasosa?

- (A) 1,50 mol                      (B) 1,20 mol  
(C) 0,900 mol                      (D) 0,600 mol

Nota: Item de Química de 10.º ano (Elementos químicos e sua organização)

- 32.2. Calcule a densidade da mistura gasosa no reator.

Apresente todas as etapas de resolução.

33. A água,  $\text{H}_2\text{O}$ , é uma substância vital para qualquer organismo vivo.
- 33.1. Qual é a geometria da molécula de água?
- 33.2. Numa molécula de água,
- (A) não existem eletrões de valência não ligantes, e existem, no total, quatro eletrões ligantes.
- (B) existem eletrões de valência não ligantes, e existem, no total, quatro eletrões ligantes.
- (C) não existem eletrões de valência não ligantes, e existem, no total, dois eletrões ligantes.
- (D) existem eletrões de valência não ligantes, e existem, no total, dois eletrões ligantes.
- 33.3. A massa volúmica do vapor de água, à temperatura de  $100\text{ }^\circ\text{C}$  e à pressão de  $1\text{ atm}$ , é  $0,590\text{ g dm}^{-3}$ .
- Determine o volume ocupado por  $3,01 \times 10^{24}$  moléculas de  $\text{H}_2\text{O}$ , contidas numa amostra pura de vapor de água, nas condições de pressão e de temperatura referidas.
- Apresente todas as etapas de resolução.
34. Considere uma mistura gasosa constituída por  $5,00 \times 10^{-2}$  mol de  $\text{F}_2(\text{g})$  e  $8,00 \times 10^{-2}$  mol de  $\text{Cl}_2(\text{g})$ , nas condições normais de pressão e de temperatura.
- 34.1. Quantos átomos de flúor existem na mistura gasosa?
- Nota: item de Química de 10.º ano (Elementos químicos e sua organização)
- 34.2. Determine a massa volúmica da mistura gasosa, nas condições de pressão e de temperatura referidas.
- Apresente todas as etapas de resolução.
35. O amoníaco,  $\text{NH}_3$ , é um gás à temperatura e pressão ambientes.
- 35.1. Considere que a massa volúmica do  $\text{NH}_3(\text{g})$  nas condições normais de pressão e de temperatura é 1,08 vezes maior do que a massa volúmica desse gás à pressão e à temperatura ambientes.
- Determine o número de moléculas de amoníaco que existem numa amostra pura de  $200\text{ cm}^3$  de  $\text{NH}_3(\text{g})$ , à pressão e à temperatura ambientes.
- Apresente todas as etapas de resolução.
- 35.2. Considere que a massa volúmica do amoníaco, à pressão de  $0,989\text{ atm}$  e a  $55\text{ }^\circ\text{C}$ , é  $0,626\text{ g dm}^{-3}$ .
- Calcule o número de moléculas de amoníaco que existem numa amostra de  $500\text{ cm}^3$  desse gás, naquelas condições de pressão e de temperatura.
- Apresente todas as etapas de resolução.

36. Nos laboratórios químicos, as soluções aquosas de amoníaco, com as quais se trabalha habitualmente, são preparadas a partir de soluções aquosas comerciais, em geral muito concentradas.

36.1. Uma solução aquosa comercial de amoníaco,  $\text{NH}_3(\text{aq})$  ( $M = 17,04 \text{ g mol}^{-1}$ ), tem uma concentração, expressa em percentagem em massa, igual a 25 %, e uma massa volúmica igual a  $0,91 \text{ g cm}^{-3}$ , a uma determinada temperatura.

Calcule a concentração, expressa em  $\text{mol dm}^{-3}$ , dessa solução de amoníaco.

Apresente todas as etapas de resolução.

36.2. Transferem-se  $20,0 \text{ cm}^3$  de uma solução aquosa de amoníaco, de concentração  $7,34 \text{ mol dm}^{-3}$ , para um balão volumétrico de  $100,0 \text{ mL}$ , adicionando-se água até ao traço de referência do balão.

Calcule a concentração da solução diluída.

Apresente todas as etapas de resolução.

37. Considere uma solução aquosa comercial de amoníaco, de concentração  $13 \text{ mol dm}^{-3}$  e de massa volúmica  $0,91 \text{ g cm}^{-3}$ , que é posteriormente diluída 500 vezes.

37.1. Qual das expressões seguintes permite calcular a percentagem, em massa, de amoníaco ( $M = 17,04 \text{ g mol}^{-1}$ ) na solução comercial?

(A)  $\frac{13 \times 0,91}{17,04 \times 1000} \times 100$

(B)  $\frac{13 \times 17,04}{0,91 \times 1000} \times 100$

(C)  $\frac{0,91 \times 1000}{13 \times 17,04} \times 100$

(D)  $\frac{17,04 \times 1000}{13 \times 0,91} \times 100$

37.2. Para preparar  $1,0 \text{ dm}^3$  da solução de amoníaco mais diluída, o volume a utilizar da solução comercial será

(A)  $500,0 \text{ cm}^3$

(B)  $200,0 \text{ cm}^3$

(C)  $5,0 \text{ cm}^3$

(D)  $2,0 \text{ cm}^3$

38. Considere uma solução aquosa de amoníaco, de concentração  $0,10 \text{ mol dm}^{-3}$ .

Retiraram-se  $50,0 \text{ cm}^3$  dessa solução e transferiu-se esse volume de solução para um balão volumétrico de  $250,0 \text{ mL}$ , adicionando-se, em seguida, água destilada até ao traço de referência do balão.

A concentração da solução de amoníaco obtida será

(A)  $2,0 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$

(B)  $2,5 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$

(C)  $4,0 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$

(D)  $5,0 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$

39. Na água do mar têm-se dissolvido, ao longo de milhares de milhões de anos, várias substâncias que incluem sais inorgânicos, gases e compostos orgânicos provenientes dos organismos marinhos. Na tabela seguinte, indica-se a composição média aproximada da água do mar, relativa aos seus componentes maioritários.

Componente	mol / kg de água do mar
NaCl	0,4186
MgCl <sub>2</sub>	0,0596
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,02856
KCl	0,01
CaCl <sub>2</sub>	0,005

Fonte: Boletim da Sociedade Portuguesa de Química,  
n.º 101, Abril-Junho 2006

- 39.1. Selecione a opção que identifica o ião presente em maior quantidade na água do mar.

- (A) Na<sup>+</sup>  
(B) Cl<sup>-</sup>  
(C) SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>  
(D) Ca<sup>2+</sup>

- 39.2. Qual é a expressão que permite calcular a composição, em ião sulfato, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, ( $M = 96,07 \text{ g mol}^{-1}$ ), da água do mar, expressa em ppm ?

- (A)  $\left( \frac{0,02856 \times 96,07 \times 4}{10^3} \times 10^6 \right) \text{ ppm}$   
(B)  $\left( \frac{0,02856 \times 10^3}{96,07} \times 10^6 \right) \text{ ppm}$   
(C)  $\left( \frac{0,02856 \times 10^3}{96,07 \times 4} \times 10^6 \right) \text{ ppm}$   
(D)  $\left( \frac{0,02856 \times 96,07}{10^3} \times 10^6 \right) \text{ ppm}$

- 39.3. Atendendo apenas à estequiometria do composto, a molécula H<sub>2</sub>O poderia assumir uma geometria linear. No entanto, aquela molécula apresenta uma geometria angular.

Explique por que é que a geometria da molécula de água é angular.

40. Numa análise efetuada a uma amostra de 500 g de água de um poço, destinada a ser utilizada para fins agrícolas, determinou-se um teor em ião sulfato, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, de 6,0 ppm ( $m/m$ ).

Calcule a quantidade de ião SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> que existia naquela amostra de solução.

Apresente todas as etapas de resolução.

41. Considere uma solução concentrada de ácido sulfúrico, de massa volúmica  $1,84 \text{ g cm}^{-3}$ , que contém 98%, em massa, de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

Determine a massa de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  que existe em  $100 \text{ cm}^3$  da solução.

Apresente todas as etapas de resolução.

42. Considere uma solução de ácido acético de concentração  $0,50 \text{ mol dm}^{-3}$ .

A solução considerada foi preparada a partir de uma solução inicial de concentração  $4,50 \text{ mol dm}^{-3}$ .

- 42.1. Qual é o fator de diluição a considerar na preparação da solução de ácido acético de concentração  $0,50 \text{ mol dm}^{-3}$  ?

(A) 9                      (B) 5                      (C) 4                      (D) 2

- 42.2. A massa volúmica de uma solução de ácido acético de concentração  $0,50 \text{ mol dm}^{-3}$  é  $1,0025 \times 10^3 \text{ g dm}^{-3}$ , a  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Qual das expressões seguintes permite calcular a quantidade de ácido acético que existe em  $100 \text{ g}$  da solução?

(A)  $\left(\frac{0,50 \times 100}{1,0025 \times 10^3}\right) \text{ mol}$                       (B)  $\left(\frac{100}{0,50 \times 1,0025 \times 10^3}\right) \text{ mol}$

(C)  $\left(\frac{1,0025 \times 10^3}{0,50 \times 100}\right) \text{ mol}$                       (D)  $\left(\frac{0,50 \times 1,0025 \times 10^3}{100}\right) \text{ mol}$

43. O grau de acidez de um vinagre é expresso em termos da massa de ácido acético,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ( $M = 60,06 \text{ g mol}^{-1}$ ), em gramas, dissolvida em  $100 \text{ cm}^3$  desse vinagre.

Um vinagre comercial de grau de acidez 6,0% é diluído 20 vezes, preparando-se um volume total de  $500,0 \text{ cm}^3$  de solução diluída.

Determine a quantidade de ácido acético dissolvida na solução diluída de vinagre.

Apresente todas as etapas de resolução.

44. Considere que a energia necessária para dissociar uma mole de moléculas de  $\text{Cl}_2(\text{g})$  é  $242,7 \text{ kJ}$ .

A variação de energia associada à formação de duas moles de átomos de cloro, em fase gasosa, a partir de uma mole de  $\text{Cl}_2(\text{g})$  é

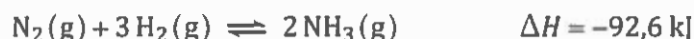
(A)  $+(2 \times 242,7) \text{ kJ}$

(B)  $-(2 \times 242,7) \text{ kJ}$

(C)  $+242,7 \text{ kJ}$

(D)  $-242,7 \text{ kJ}$

45. A reação de síntese do amoníaco pode ser traduzida por



45.1. Na molécula de  $\text{NH}_3$ , existem, no total, \_\_\_\_\_ eletrões de valência não ligantes e \_\_\_\_\_ eletrões de valência ligantes.

- (A) três ... dois                      (B) dois ... seis  
(C) dois ... três                      (D) três ... seis

45.2. Se a reação de síntese do amoníaco ocorrer em sistema isolado, \_\_\_\_\_ transferência de energia entre o sistema e o exterior, e a energia interna do sistema \_\_\_\_\_.

- (A) não há ... mantém-se              (B) não há ... diminui  
(C) há ... diminui                      (D) há ... mantém-se

45.3. A tabela seguinte apresenta dois valores de energia média de ligação.

Ligação	Energia de ligação / $\text{kJ mol}^{-1}$
H – H	436,4
N – H	393

Qual é a expressão que permite estimar a energia envolvida na quebra da ligação tripla ( $E_{\text{N}\equiv\text{N}}$ ) na molécula de nitrogénio, expressa em  $\text{kJ mol}^{-1}$ ?

- (A)  $-3(436,4) - E_{\text{N}\equiv\text{N}} + 6(393) = -92,6$   
(B)  $+3(436,4) + E_{\text{N}\equiv\text{N}} - 6(393) = -92,6$   
(C)  $+3(436,4) + E_{\text{N}\equiv\text{N}} - 2(393) = -92,6$   
(D)  $-3(436,4) - E_{\text{N}\equiv\text{N}} + 2(393) = -92,6$

46. O oxigénio,  $\text{O}_2(\text{g})$ , é um dos componentes principais da atmosfera terrestre.

46.1. Represente a molécula  $\text{O}_2$ , utilizando a notação de Lewis.

46.2. Na termosfera, pode ocorrer a ionização de  $\text{O}_2(\text{g})$  por absorção de, pelo menos,  $1,18 \times 10^3 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

Para que ocorra a ionização de uma molécula de  $\text{O}_2(\text{g})$ , deverá ser absorvida, pelo menos, uma energia, em joule (J), igual a

- (A)  $\frac{1,18 \times 10^3}{10^3 \times 6,02 \times 10^{23}} \text{ J}$               (B)  $\frac{10^3}{1,18 \times 10^3 \times 6,02 \times 10^{23}} \text{ J}$   
(C)  $\frac{6,02 \times 10^{23}}{1,18 \times 10^3 \times 10^3} \text{ J}$               (D)  $\frac{1,18 \times 10^3 \times 10^3}{6,02 \times 10^{23}} \text{ J}$

- 46.3. A energia de ionização da molécula de oxigénio é  $1,9 \times 10^{-18}$  J, enquanto a sua energia de dissociação é  $8,3 \times 10^{-19}$  J.

As radiações, que são absorvidas pelas espécies químicas existentes na estratosfera, têm valores de energia entre  $6,6 \times 10^{-19}$  J e  $9,9 \times 10^{-19}$  J.

Com base nestes dados, indique, justificando, se o processo que ocorre na estratosfera será a dissociação ou a ionização da molécula de oxigénio.

47. O ozono,  $O_3$  (g), existente na estratosfera tem grande importância na preservação da vida na Terra.

47.1. Qual é a radiação, nociva para os seres vivos, que é absorvida pelo ozono na estratosfera?

47.2. Em condições normais de pressão e de temperatura (PTN), o volume ocupado por 13 g de ozono é

- (A)  $\left(\frac{48,0}{13} \times 22,4\right) \text{ dm}^3$                       (B)  $\left(\frac{13}{48,0} \times 22,4\right) \text{ dm}^3$   
(C)  $\left(\frac{13}{22,4} \times 48,0\right) \text{ dm}^3$                       (D)  $(13 \times 22,4 \times 48,0) \text{ dm}^3$

48. O ozono,  $O_3$ , encontra-se na estratosfera, formando a chamada camada de ozono, que se estende por vários quilómetros de altitude.

Na estratosfera, a interação da radiação ultravioleta B (UV-B) com as moléculas de oxigénio dá origem à formação de radicais livres (átomos) de oxigénio. São estes radicais que, reagindo com outras moléculas de oxigénio, na estratosfera, produzem o ozono.

Por seu lado, as moléculas de ozono também interagem com a radiação UV-B, na estratosfera, dissociando-se.

Se não houvesse interferência de outras espécies químicas presentes na estratosfera, a concentração de ozono nesta camada da atmosfera permaneceria aproximadamente constante – a formação e a decomposição deste gás ocorreriam à mesma velocidade.

No entanto, alguns radicais livres também presentes na estratosfera, nomeadamente os radicais livres (átomos) de cloro, reagem com o ozono, que passa a decompor-se a uma velocidade superior à velocidade a que se forma. Como resultado da ação destes radicais livres, ocorre, assim, uma diminuição da concentração de ozono na estratosfera, fenómeno que é habitualmente designado por «buraco do ozono».

Maria Teresa Escoval, *A Ação da Química na Nossa Vida*,  
Editorial Presença, 2010 (adaptado)

- 48.1. Escreva as equações químicas que traduzem as reações referidas no segundo parágrafo do texto.



- 48.2.** A reação dos radicais livres de oxigénio com as moléculas de oxigénio, na estratosfera, envolve a libertação de cerca de 105 kJ por cada mole de moléculas de ozono que se formam.

A variação de energia, em joule (J), associada à formação de uma molécula de ozono, poderá ser traduzida pela expressão

(A)  $\frac{+1,05 \times 10^5}{6,02 \times 10^{23}}$

(B)  $\frac{-1,05 \times 10^5}{6,02 \times 10^{23}}$

(C)  $-1,05 \times 10^5 \times 6,02 \times 10^{23}$

(D)  $+1,05 \times 10^5 \times 6,02 \times 10^{23}$

- 48.3.** Explique porque é que as moléculas de oxigénio e de ozono constituem filtros da radiação UV-B na estratosfera.

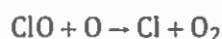
- 48.4.** Os CFC (clorofluorocarbonetos) são compostos que, interagindo com a radiação UV-B, constituem a principal fonte de radicais livres de cloro na estratosfera.

Nas moléculas de CFC que chegam à estratosfera, verifica-se assim a quebra das ligações C – Cl, mais fracas, não ocorrendo, no entanto, a quebra das ligações C – F, mais fortes.

Indique o motivo que justifica que a quebra das ligações C – F não ocorra.

- 48.5.** Os átomos de cloro são agentes destruidores da camada de ozono estratosférico.

Um mecanismo reacional que traduz a destruição do ozono pode ser representado pelas seguintes equações:

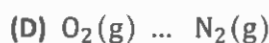
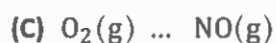
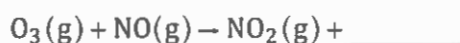


Escreva a equação que corresponde à soma destas duas equações.

- 49.** Um dos compostos cuja emissão para a atmosfera acarreta prejuízos graves à saúde dos seres vivos é o óxido de nitrogénio, NO (g), também designado por óxido nítrico, que contribui para a formação da chuva ácida e para a destruição da camada de ozono.

- 49.1.** As reações entre o óxido de nitrogénio, NO (g), e o ozono, O<sub>3</sub> (g), podem ser traduzidas por um mecanismo reacional (em cadeia), no qual ocorrem, sucessivamente, a destruição de uma molécula de O<sub>3</sub> (g) e a regeneração de uma molécula de NO (g).

Quais são as fórmulas químicas que preenchem, sequencialmente, os espaços seguintes, de modo a obter um esquema correto do mecanismo reacional considerado?



49.2. À semelhança do que acontece com o NO (g), também a emissão de CFC para a atmosfera contribui para uma diminuição acentuada da concentração de ozono estratosférico.

Refira duas das características dos CFC responsáveis por esse efeito.

50. Nos laboratórios de Química é frequente a utilização de soluções aquosas de hidróxido de sódio, NaOH (aq).

50.1. Para uma determinada atividade experimental, um grupo de alunos tem de preparar 250 cm<sup>3</sup> de uma solução aquosa de hidróxido de sódio, NaOH, com a concentração de 2,00 mol dm<sup>-3</sup>.

Calcule a massa de hidróxido de sódio sólido que os alunos devem medir para preparar essa solução.

Apresente todas as etapas de resolução.

50.2. Uma outra solução aquosa de hidróxido de sódio, NaOH (aq) ( $M = 40,00 \text{ g mol}^{-1}$ ), contém 20%, em massa, de soluto. A massa volúmica da solução é 1,219 g cm<sup>-3</sup>.

Determine a concentração, em mol dm<sup>-3</sup>, desta solução.

Apresente todas as etapas de resolução.

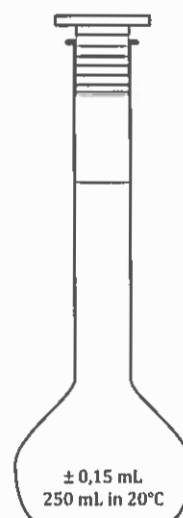
51. No decurso de um trabalho laboratorial, um grupo de alunos preparou, com rigor, 250,00 cm<sup>3</sup> de uma solução aquosa, por pesagem de uma substância sólida.

51.1. Na figura está representado um balão volumétrico calibrado de 250 mL, semelhante ao utilizado pelos alunos na preparação da solução.

No balão estão indicadas a sua capacidade, a incerteza associada à sua calibração e a temperatura à qual esta foi efetuada.

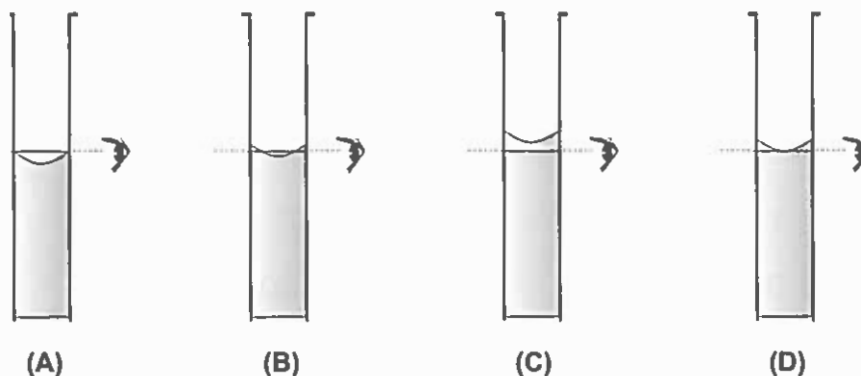
No colo do balão está marcado um traço de referência em todo o perímetro.

51.1.1. Tendo em conta as indicações registadas no balão volumétrico, indique o intervalo de valores no qual estará contido o volume de líquido a ser medido com este balão, à temperatura de 20 °C.



51.1.2. Os alunos deverão ter alguns cuidados ao efetuarem a leitura do nível de líquido no colo do balão, de modo a medirem corretamente o volume de solução aquosa preparada.

Selecione a opção que corresponde à condição correta de medição.



- 51.2. O grupo de alunos teve que preparar, com rigor, 250,00 cm<sup>3</sup> de solução de tiosulfato de sódio penta-hidratado, Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 5H<sub>2</sub>O (aq) ( $M = 248,22 \text{ g mol}^{-1}$ ), de concentração  $3,00 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$ , por pesagem do soluto sólido.

Calcule a massa de tiosulfato de sódio penta-hidratado que foi necessário pesar, de modo a preparar a solução pretendida.

Apresente todas as etapas de resolução.

- 51.3. Considere que os alunos prepararam ainda, com rigor, 50,00 cm<sup>3</sup> de uma solução de concentração  $6,00 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$ , por diluição da solução  $3,00 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$  de tiosulfato de sódio penta-hidratado.

- 51.3.1. O volume, expresso em cm<sup>3</sup>, da solução mais concentrada, que os alunos tiveram que medir, de modo a prepararem a solução pretendida, pode ser determinado a partir da expressão

(A)  $V = \frac{3,00 \times 10^{-2} \times 50,00}{6,00 \times 10^{-3}} \text{ cm}^3$

(B)  $V = \frac{6,00 \times 10^{-3} \times 50,00}{3,00 \times 10^{-2}} \text{ cm}^3$

(C)  $V = \frac{3,00 \times 10^{-2} \times 6,00 \times 10^{-3}}{50,00} \text{ cm}^3$

(D)  $V = \frac{6,00 \times 10^{-3}}{50,00 \times 3,00 \times 10^{-2}} \text{ cm}^3$

- 51.3.2. Qual é o instrumento de medição de volumes de líquidos que deverá ter sido utilizado na medição do volume da solução mais concentrada?

- (A) Balão de Erlenmeyer  
(B) Proveta  
(C) Pipeta  
(D) Gobelé

52. No laboratório, um aluno preparou, com rigor, uma solução aquosa de cloreto de sódio, a partir do reagente sólido.

- 52.1. Para preparar a solução, o aluno mediu a massa necessária de cloreto de sódio, utilizando uma balança digital que apresentava uma incerteza de leitura de 0,01 g.

Dos seguintes valores de massa, qual deve o aluno ter registado?

- (A) 8,341 g                      (B) 8,34 g  
(C) 8,3 g                         (D) 8 g

- 52.2. O volume de solução preparada foi  $250,0 \text{ cm}^3$ .  
Apresente o valor acima referido expresso em  $\text{dm}^3$ , mantendo o número de algarismos significativos.
- 52.3. Em seguida, foi pedido ao aluno que preparasse, com rigor,  $50,0 \text{ cm}^3$  de uma solução aquosa de cloreto de sódio de concentração  $0,23 \text{ mol dm}^{-3}$ , a partir da solução inicialmente preparada de concentração  $5,71 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$ .
- 52.3.1. Calcule o volume de solução inicial necessário para preparar o volume referido de solução diluída de cloreto de sódio.  
Apresente todas as etapas de resolução.
- 52.3.2. Descreva o procedimento experimental seguido na preparação da solução diluída de cloreto de sódio, referindo, sequencialmente, as três principais etapas envolvidas nesse procedimento.
53. Numa atividade laboratorial, um grupo de alunos preparou, com rigor,  $100,00 \text{ cm}^3$  de uma solução aquosa de sulfato de cobre (II),  $\text{CuSO}_4$ , de concentração  $0,400 \text{ mol dm}^{-3}$ , por dissolução de sulfato de cobre (II) penta-hidratado,  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$ , sólido.
- 53.1. Calcule a massa de sulfato de cobre penta-hidratado que foi necessário medir, para preparar essa solução.  
Apresente todas as etapas de resolução.
- 53.2. De modo a pesar o sulfato de cobre penta-hidratado necessário para preparar a solução, os alunos colocaram um *gobelet* sobre o prato de uma balança.  
Identifique a peça de material de laboratório que deve ser utilizada para transferir o sulfato de cobre penta-hidratado sólido para o *gobelet*.
- 53.3. Ao prepararem a solução, os alunos deixaram o menisco do líquido ultrapassar o traço de referência do balão volumétrico.  
Qual é a atitude correta a tomar numa situação como essa?
- (A) Ignorar o facto, uma vez que o colo do balão é estreito.  
(B) Adicionar um pouco mais de soluto à solução preparada.  
(C) Acertar o menisco pelo traço de referência, retirando líquido.  
(D) Preparar uma nova solução, a partir do soluto sólido.

**53.4.** Os alunos prepararam ainda, com rigor, a partir da solução de sulfato de cobre (II) inicialmente preparada, uma solução 2,5 vezes mais diluída.

Os alunos dispunham apenas do seguinte material:

- Balão volumétrico de 50 mL ( $\pm 0,06$  mL)
- Pompete
- Pipeta graduada de 10 mL ( $\pm 0,05$  mL)
- Pipeta volumétrica de 10 mL ( $\pm 0,02$  mL)
- Pipeta graduada de 20 mL ( $\pm 0,10$  mL)
- Pipeta volumétrica de 20 mL ( $\pm 0,03$  mL)
- Pipeta graduada de 25 mL ( $\pm 0,10$  mL)
- Pipeta volumétrica de 25 mL ( $\pm 0,03$  mL)

Determine o volume da solução mais concentrada que os alunos tiveram de medir, de modo a prepararem a solução pretendida.

Selecione, de entre as pipetas referidas, a que permite a medição mais rigorosa do volume da solução mais concentrada.

Apresente todas as etapas de resolução.

---

# **QUÍMICA 11.º ANO**

**DOMÍNIO:**

**Equilíbrio químico**

---

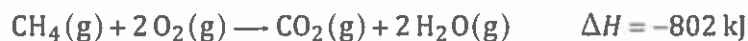
1. A reação de combustão do butano ( $M = 58,14 \text{ g mol}^{-1}$ ) no ar pode ser traduzida por



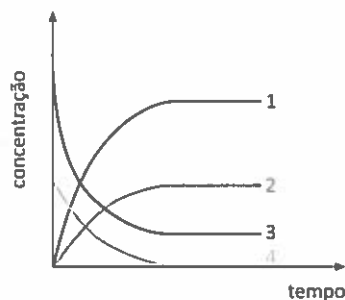
Considerando que uma botija de butano contém 13,0 kg desse gás, calcule o volume de oxigénio, nas condições PTN, necessário para a combustão completa dessa massa de butano.

Apresente todas as etapas de resolução.

2. A combustão completa do metano,  $\text{CH}_4$ , pode ser representada por:



- 2.1. As curvas 1, 2, 3 e 4, esboçadas no gráfico da figura, podem representar a evolução, ao longo do tempo, das concentrações de reagentes e de produtos de uma reação de combustão completa do metano, admitindo que esta ocorre em sistema fechado.



Qual é o reagente, ou o produto da reação, que corresponde a cada uma das curvas?

- (A) 1 –  $\text{CO}_2$     2 –  $\text{H}_2\text{O}$     3 –  $\text{O}_2$     4 –  $\text{CH}_4$   
 (B) 1 –  $\text{H}_2\text{O}$     2 –  $\text{CO}_2$     3 –  $\text{O}_2$     4 –  $\text{CH}_4$   
 (C) 1 –  $\text{H}_2\text{O}$     2 –  $\text{CO}_2$     3 –  $\text{CH}_4$     4 –  $\text{O}_2$   
 (D) 1 –  $\text{CO}_2$     2 –  $\text{H}_2\text{O}$     3 –  $\text{CH}_4$     4 –  $\text{O}_2$
- 2.2. Calcule a energia libertada quando, por combustão completa de metano, se consomem  $2,0 \text{ m}^3$  de oxigénio, em condições normais de pressão e de temperatura.

Apresente todas as etapas de resolução.

Nota: item com conteúdos de Química de 10.º ano (Propriedades e transformações da matéria)

- 2.3. Considere que foi utilizado metano para aquecer uma amostra de água de massa 0,500 kg.

Admita que, no processo de aquecimento, o rendimento da transferência de energia para a água foi de 65,0%.

Calcule a variação de temperatura sofrida pela amostra de água, por cada 1,00 g de metano, CH<sub>4</sub> ( $M = 16,05 \text{ g mol}^{-1}$ ), que sofreu combustão.

Apresente todas as etapas de resolução.

Nota: item com conteúdos de Física de 10.º ano (Energia, fenómenos térmicos e radiação)

3. A combustão completa do metano pode ser traduzida por



$\frac{16,05 \text{ g}}{1 \text{ mol}} = 3,15 \times 10^3$

Nesta reação, a variação de entalpia associada à combustão de 1 mol de CH<sub>4</sub> (g) é -890 kJ.

Considere que a energia libertada nesta reação é usada num processo de aquecimento de água e que o rendimento desse processo é 100%.

- 3.1. O que significa um *rendimento do processo de aquecimento de 100%*?
- 3.2. Calcule o volume de metano, medido nas condições normais de pressão e de temperatura (PTN), que tem de reagir completamente para aumentar em 18 °C a temperatura de uma amostra pura de 5,0 kg de água.

Apresente todas as etapas de resolução.

- 3.3. A variação do número de oxidação do carbono, na reação considerada, é

- (A) + 4  
(B) - 4  
(C) + 8  
(D) - 8

Nota: item de Química de 11.º ano (Reações em sistemas aquosos)

4. O etanol, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH ( $M = 46,08 \text{ g mol}^{-1}$ ), pode reagir com o cloro, Cl<sub>2</sub> ( $M = 70,90 \text{ g mol}^{-1}$ ), formando-se um composto orgânico denominado cloral, CCl<sub>3</sub>CHO ( $M = 147,38 \text{ g mol}^{-1}$ ), e cloreto de hidrogénio, HCl (g). A reação pode ser traduzida por



Considere que se fez reagir 3,0 mol de etanol com 10,0 mol de cloro.

Identifique, justificando, o reagente limitante.



5. O ácido acético ( $M = 60,06 \text{ g mol}^{-1}$ ) pode formar-se a partir do etanal,  $\text{CH}_3\text{CHO}$  ( $M = 44,06 \text{ g mol}^{-1}$ ), segundo uma reação que pode ser traduzida por

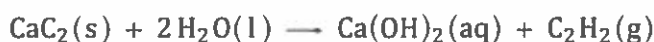


Considere uma amostra impura de  $\text{CH}_3\text{CHO}$ , de massa  $1,0 \times 10^3 \text{ g}$ , que contém 64% (em massa) de  $\text{CH}_3\text{CHO}$ .

Qual das expressões seguintes permite calcular a massa, em gramas (g), de  $\text{CH}_3\text{COOH}$  que se poderia formar a partir da reação de todo o  $\text{CH}_3\text{CHO}$  existente na referida amostra?

- (A)  $\left(\frac{64 \times 60,06 \times 10^3}{44,06}\right) \text{ g}$                       (B)  $\left(\frac{0,64 \times 60,06 \times 10^3}{44,06}\right) \text{ g}$   
 (C)  $\left(\frac{0,64 \times 44,06 \times 10^3}{60,06}\right) \text{ g}$                       (D)  $\left(\frac{64 \times 44,06 \times 10^3}{60,06}\right) \text{ g}$

6. O etino,  $\text{C}_2\text{H}_2$ , pode ser obtido fazendo-se reagir carboneto de cálcio,  $\text{CaC}_2(\text{s})$ , com água, de acordo com a equação química



Considere que se fez reagir, com excesso de água, uma amostra impura de 150 g de carboneto de cálcio contendo 12% de impurezas, tendo-se obtido  $30,0 \text{ dm}^3$  de etino, em condições normais de pressão e de temperatura (PTN).

Determine o rendimento da reação de síntese do etino realizada.

Apresente todas as etapas de resolução.

7. Em laboratório, o  $\text{NO}_2(\text{g})$  pode ser preparado por reação do cobre sólido com uma solução concentrada de ácido nítrico,  $\text{HNO}_3(\text{aq})$  ( $M = 63,02 \text{ g mol}^{-1}$ ). Essa reação pode ser traduzida por



Adicionaram-se 80,0 g de cobre a  $2,00 \times 10^2 \text{ cm}^3$  de uma solução de ácido nítrico, de massa volúmica  $1,42 \text{ g cm}^{-3}$ , que contém 68%, em massa, de  $\text{HNO}_3$ .

Identifique o reagente limitante.

Apresente todas as etapas de resolução.

8. A corrosão dos metais é um fenómeno que ocorre frequentemente.

8.1. Quando exposto a uma atmosfera húmida, o cobre sofre corrosão, formando um depósito de carbonato básico de cobre,  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$  ( $M = 221,13 \text{ g mol}^{-1}$ ), uma substância de cor esverdeada.

A reação que ocorre pode ser traduzida por



Um tacho de cobre, de massa igual a 360,0 g, foi deixado ao ar, numa cozinha, durante um intervalo de tempo considerável. Ao fim desse intervalo de tempo, verificou-se a formação de um depósito de carbonato básico de cobre em toda a superfície metálica.

O depósito foi removido, seco e pesado, tendo-se determinado o valor de 12,7 g.

Calcule a percentagem, em massa, de cobre que sofreu corrosão.

Apresente todas as etapas de resolução.

8.2. Uma moeda de cobre de massa 4,10 g foi introduzida numa solução aquosa de nitrato de prata,  $\text{AgNO}_3$  (aq). Ocorreu uma reação que pode ser traduzida por



Obteve-se 2,65 g de prata sólida.

Calcule a quantidade de cobre que reagiu.

Apresente todas as etapas de resolução.

8.3. Considere uma moeda constituída por uma liga de prata, cobre e níquel.

Para determinar a sua composição em prata (Ag), dissolveu-se a moeda, de massa 14,10 g, em ácido e diluiu-se a solução resultante, até perfazer um volume de  $1000 \text{ cm}^3$ .

A  $100 \text{ cm}^3$  da solução adicionou-se ácido clorídrico,  $\text{HCl}$  (aq), em excesso, de modo que toda a prata existente em solução precipitasse na forma de cloreto de prata,  $\text{AgCl}$  ( $M = 143,32 \text{ g mol}^{-1}$ ).

O precipitado de  $\text{AgCl}$  foi, então, separado por filtração, lavado, seco e pesado, tendo-se determinado o valor de 0,85 g.

Calcule a percentagem, em massa, de prata na moeda analisada.

Apresente todas as etapas de resolução.

8.4. A reação do ácido nítrico concentrado com o cobre, Cu, pode ser traduzida por



Fez-se reagir uma amostra impura de cobre, de massa 150 g e grau de pureza 80% (*m/m*), com uma solução concentrada de  $\text{HNO}_3$ , de concentração  $15,0 \text{ mol dm}^{-3}$ .

Calcule o volume mínimo de solução ácida que é necessário utilizar para fazer reagir todo o cobre presente na amostra.

Apresente todas as etapas de resolução.

9. A decomposição térmica do clorato de potássio,  $\text{KClO}_3(\text{s})$  ( $M = 122,55 \text{ g mol}^{-1}$ ), é traduzida por



Qual é a quantidade de cloreto de potássio,  $\text{KCl}(\text{s})$ , que resulta da reação completa de 38,7 g de clorato de potássio impuro contendo 5,0% de impurezas inertes?

(A) 0,300 mol

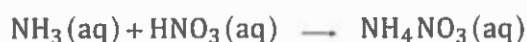
(B) 0,315 mol

(C) 0,331 mol

(D) 0,349 mol

10. O nitrato de amónio,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , é um sal que é usado, não só como fertilizante azotado, para obter melhores rendimentos na produção agrícola, mas também como primeiro socorro no tratamento de determinadas lesões, uma vez que é muito solúvel em água, sendo a sua dissolução um processo endotérmico.

10.1. Aquele composto pode ser obtido através de uma reação química que pode ser traduzida por



A 20,0 mL de uma solução aquosa de ácido nítrico,  $\text{HNO}_3(\text{aq})$ , de concentração  $2,51 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$ , adicionaram-se 20,0 mL de uma solução aquosa de amoníaco,  $\text{NH}_3(\text{aq})$ , contendo  $3,00 \times 10^{-4} \text{ mol}$ .

Calcule a concentração de nitrato de amónio na solução resultante, admitindo que a reação acima representada é completa.

Apresente todas as etapas de resolução.

10.2. Escreva a equação química que traduz a dissolução do nitrato de amónio em água, considerando que este sal se encontra totalmente dissociado em solução aquosa, e indique como variará a temperatura de uma amostra de água em que ocorra a dissolução desse sal.

Nota: item com conteúdos de Química de 10.º ano (Propriedades e transformações da matéria)

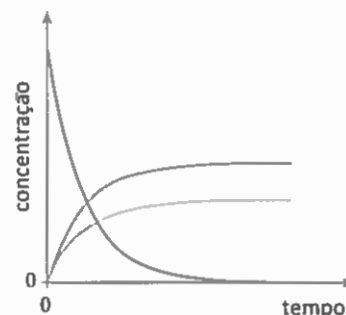
11. Quando um sistema químico, no qual ocorra uma reação química reversível, se encontra num estado de equilíbrio – o que, em rigor, só é possível se não houver trocas, nem de matéria nem de energia, entre o sistema e o exterior –, as concentrações dos reagentes e dos produtos envolvidos na reação mantêm-se constantes ao longo do tempo, não existindo alterações visíveis no sistema. O facto de as propriedades macroscópicas de um sistema químico em equilíbrio não sofrerem alteração pode sugerir que terá deixado de ocorrer qualquer reação. No entanto, a nível molecular, tanto a reação direta, na qual os reagentes se convertem em produtos, como a reação inversa, na qual os produtos se convertem em reagentes, continuam efetivamente a dar-se, em simultâneo, ocorrendo ambas à mesma velocidade. O equilíbrio químico não significa, portanto, ausência de reação. Assim, num sistema químico em equilíbrio, os reagentes e os produtos encontram-se todos presentes, em simultâneo, em concentrações que não variam ao longo do tempo.

Baseado em A. Pereira e F. Camões, *Química 12.º ano*, 2001

- 11.1. Identifique uma das «propriedades macroscópicas» a que o texto se refere.
- 11.2. O equilíbrio que se estabelece num sistema químico é dinâmico porque
- (A) as concentrações dos reagentes e dos produtos se mantêm constantes ao longo do tempo.
- (B) não existem alterações visíveis no sistema.
- (C) tanto a reação direta como a reação inversa se continuam a dar.
- (D) os reagentes e os produtos se encontram todos presentes, em simultâneo.

- 11.3. A figura apresenta o esboço do gráfico da concentração, em função do tempo, de três espécies que participam numa reação química.

Transcreva do texto a afirmação que permite justificar que o esboço do gráfico apresentado não pode traduzir o estabelecimento de um estado de equilíbrio químico.



- 11.4. «[...] se não houver trocas, nem de matéria nem de energia, entre o sistema e o exterior [...]», o sistema químico será um sistema
- (A) fechado e a sua energia interna manter-se-á constante.
- (B) isolado e a sua energia interna manter-se-á constante.
- (C) fechado e a sua energia interna variará.
- (D) isolado e a sua energia interna variará.

Nota: item de Física de 10.º ano (Energia, fenómenos térmicos e radiação)

12. O  $\text{NO}_2(\text{g})$  é um gás de cor castanha que, em sistema fechado, existe sempre misturado com  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ , um gás incolor, devido a uma reação que pode ser traduzida por



Considere uma mistura de  $\text{NO}_2(\text{g})$  e de  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$  que se encontra em equilíbrio químico, à temperatura  $T$ .

- 12.1. A constante de equilíbrio,  $K_c$ , da reação considerada é  $2,2 \times 10^2$ , à temperatura  $T$ .

Qual será a concentração de  $\text{NO}_2(\text{g})$  na mistura em equilíbrio, se a concentração de  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$  nessa mistura for  $0,030 \text{ mol dm}^{-3}$ ?

- (A)  $[\text{NO}_2] = \sqrt{\frac{0,030}{2,2 \times 10^2}} \text{ mol dm}^{-3}$       (B)  $[\text{NO}_2] = \frac{2,2 \times 10^2}{2 \times 0,030} \text{ mol dm}^{-3}$   
 (C)  $[\text{NO}_2] = \sqrt{\frac{2,2 \times 10^2}{0,030}} \text{ mol dm}^{-3}$       (D)  $[\text{NO}_2] = \frac{2 \times 0,030}{2,2 \times 10^2} \text{ mol dm}^{-3}$

- 12.2. Aquecendo a mistura, a volume constante, observa-se a intensificação da cor castanha.

À medida que a temperatura aumenta, sendo a reação direta \_\_\_\_\_, a constante de equilíbrio da reação acima representada \_\_\_\_\_.

- (A) endotérmica ... aumenta  
 (B) exotérmica ... aumenta  
 (C) endotérmica ... diminui  
 (D) exotérmica ... diminui
13. O hidrogénio é produzido industrialmente a partir do metano, segundo uma reação que pode ser representada por



- 13.1. Considere que a constante de equilíbrio,  $K_c$ , desta reação é 292, à temperatura  $T$ .

Na tabela seguinte, estão registadas as concentrações de equilíbrio, à temperatura  $T$ , de três dos gases envolvidos naquela reação.

Gás	Concentração / $\text{mol dm}^{-3}$
$\text{CH}_4$	5,00
$\text{H}_2\text{O}$	5,00
$\text{H}_2$	12,0

Calcule a concentração de equilíbrio de monóxido de carbono,  $\text{CO}(\text{g})$ , à temperatura  $T$ .

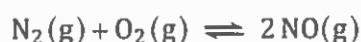
Apresente todas as etapas de resolução.

- 13.2. Conclua, justificando, qual é o efeito, na quantidade de  $\text{H}_2(\text{g})$ , da diminuição da pressão provocada por um aumento do volume do sistema em equilíbrio, admitindo que a temperatura se mantém constante.
- 13.3. Calcule o volume de hidrogénio que se obtém, medido em condições PTN, considerando a reação completa de 960 kg de metano,  $\text{CH}_4(\text{g})$  ( $M = 16,04 \text{ g mol}^{-1}$ ), com excesso de vapor de água.

Apresente todas as etapas de resolução.

14. Um dos compostos cuja emissão para a atmosfera acarreta prejuízos graves à saúde dos seres vivos é o óxido de nitrogénio,  $\text{NO}(\text{g})$ , também designado por óxido nítrico, que contribui para a formação da chuva ácida e para a destruição da camada de ozono.

Este composto pode ser formado, a altas temperaturas, a partir da reação entre o nitrogénio e o oxigénio atmosféricos, de acordo com a seguinte equação química



Na tabela seguinte, estão registados os valores da constante de equilíbrio,  $K_c$ , desta reação, para diferentes valores de temperatura.

$T / \text{K}$	$K_c$
2000	$1,98 \times 10^{-2}$
2250	$3,64 \times 10^{-2}$
2500	$5,90 \times 10^{-2}$

- 14.1. Considere que o sistema químico se encontra em equilíbrio à temperatura de 2000 K e que as concentrações de equilíbrio das espécies  $\text{N}_2(\text{g})$  e  $\text{O}_2(\text{g})$  são, respetivamente, iguais a  $0,040 \text{ mol dm}^{-3}$  e a  $0,010 \text{ mol dm}^{-3}$ .

Escreva a expressão que traduz a constante de equilíbrio da reação de formação do  $\text{NO}(\text{g})$ .

Calcule a concentração de equilíbrio da espécie  $\text{NO}(\text{g})$ , à temperatura referida.

Apresente todas as etapas de resolução.

- 14.2. Quando se provoca um aumento da temperatura do sistema em equilíbrio, a pressão constante, a reação \_\_\_\_\_ é favorecida, o que permite concluir que a reação de formação da espécie  $\text{NO}(\text{g})$  é \_\_\_\_\_ .
- (A) inversa ... exotérmica                      (B) direta ... endotérmica  
 (C) inversa ... endotérmica                    (D) direta ... exotérmica

15. Considere um recipiente de 1,0 L contendo inicialmente apenas cloreto de nitrosilo,  $\text{NOCl}(\text{g})$ . Este composto sofre uma reação de decomposição que pode ser traduzida por



Após o estabelecimento de uma situação de equilíbrio, existiam no recipiente 1,8 mol de  $\text{NOCl}(\text{g})$ , 0,70 mol de  $\text{NO}(\text{g})$  e ainda uma certa quantidade de  $\text{Cl}_2(\text{g})$ , à temperatura  $T$ .

- 15.1. Determine a constante de equilíbrio da reação de decomposição do  $\text{NOCl}(\text{g})$ , à temperatura  $T$ . Apresente todas as etapas de resolução.
- 15.2. Obtém-se um valor diferente da constante de equilíbrio, para a reação considerada, partindo
- (A) da mesma concentração inicial de  $\text{NOCl}(\text{g})$ , mas alterando a temperatura do sistema em equilíbrio.
- (B) de uma concentração inicial diferente de  $\text{NOCl}(\text{g})$ , mas mantendo a temperatura do sistema em equilíbrio.
- (C) de concentrações iniciais diferentes de  $\text{NO}(\text{g})$  e de  $\text{Cl}_2(\text{g})$ , mas da mesma concentração inicial de  $\text{NOCl}(\text{g})$ .
- (D) de concentrações iniciais diferentes de  $\text{NOCl}(\text{g})$ , de  $\text{NO}(\text{g})$  e de  $\text{Cl}_2(\text{g})$ .
- 15.3. Conclua, justificando, como deverá variar o rendimento da reação de decomposição do  $\text{NOCl}(\text{g})$  se se aumentar a pressão do sistema, por diminuição do volume do recipiente, mantendo-se a temperatura constante.
16. O trióxido de enxofre,  $\text{SO}_3$ , pode decompor-se, em fase gasosa, originando dióxido de enxofre,  $\text{SO}_2$ , e oxigénio,  $\text{O}_2$ . A reação pode ser traduzida por



- 16.1. Considere que num recipiente de  $2,0 \text{ dm}^3$  se introduziram 4,0 mol de  $\text{SO}_3(\text{g})$ , à temperatura  $T$ . Depois de o sistema químico atingir o equilíbrio, verificou-se que apenas 40% da quantidade inicial de  $\text{SO}_3(\text{g})$  tinha reagido.
- Determine a constante de equilíbrio,  $K_c$ , da reação considerada, à temperatura  $T$ .
- Apresente todas as etapas de resolução.
- 16.2. A reação de decomposição do  $\text{SO}_3(\text{g})$  é uma reação endotérmica, em que o sistema químico absorve  $9,82 \times 10^4 \text{ J}$  por cada mole de  $\text{SO}_3$  que se decompõe.

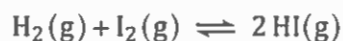
A variação de energia, em joule (J), associada à decomposição de duas moles de  $\text{SO}_3(\text{g})$  será

(A)  $-(9,82 \times 10^4 \times 2) \text{ J}$                       (B)  $+\left(\frac{9,82 \times 10^4}{2}\right) \text{ J}$

(C)  $+(9,82 \times 10^4 \times 2) \text{ J}$                       (D)  $-\left(\frac{9,82 \times 10^4}{2}\right) \text{ J}$

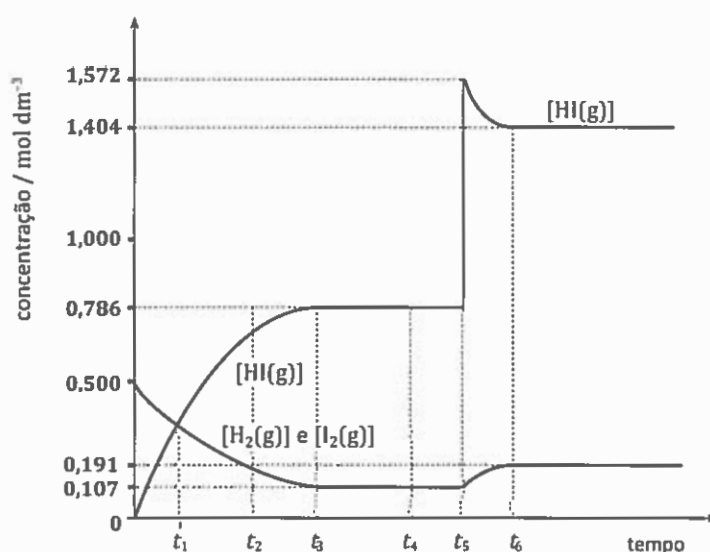
Nota: item de Química de 10.º ano (Propriedades e transformações da matéria)

17. Um sistema químico muito estudado é o que corresponde à reação entre o hidrogénio gasoso e o vapor de iodo para formar iodeto de hidrogénio, HI. Esta reação reversível é traduzida pela seguinte equação química:



À temperatura de 430 °C, fez-se reagir 0,500 mol de  $\text{H}_2(\text{g})$  e 0,500 mol de  $\text{I}_2(\text{g})$ , num recipiente fechado, de capacidade igual a 1,00 L. A reação química progrediu, tendo-se estabelecido, num dado instante, uma situação de equilíbrio. Este equilíbrio foi depois perturbado pela adição de HI (g).

Simulando esta situação experimental, obteve-se o gráfico apresentado na figura, que representa a evolução das concentrações dos reagentes e do produto da reação, ao longo do tempo, à mesma temperatura.



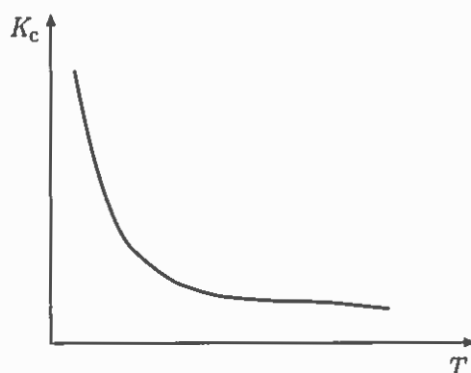
- 17.1. Os instantes que correspondem ao estabelecimento do equilíbrio inicial, à igualdade das concentrações de reagentes e de produto, e à adição de HI (g), são, respetivamente,
- (A)  $t_1, t_3$  e  $t_5$       (B)  $t_3, t_1$  e  $t_6$       (C)  $t_3, t_1$  e  $t_5$       (D)  $t_2, t_4$  e  $t_6$
- 17.2. Escreva a expressão que traduz a constante de equilíbrio,  $K_c$ , da reação em causa.  
 Calcule o valor dessa constante, à temperatura referida.  
 Apresente todas as etapas de resolução.
- 17.3. O valor da constante de equilíbrio de uma reação química \_\_\_\_\_ das concentrações iniciais de reagentes e de produtos da reação, dá informação sobre a \_\_\_\_\_ da reação e \_\_\_\_\_ com a temperatura à qual a reação ocorre.
- (A) depende ... extensão ... varia  
 (B) não depende ... velocidade ... não varia  
 (C) não depende ... extensão ... varia  
 (D) depende ... velocidade ... não varia



18. O amoníaco,  $\text{NH}_3$ , obtém-se industrialmente através do processo de Haber-Bosch, fazendo reagir, em condições apropriadas, hidrogénio e nitrogénio gasosos. A síntese do amoníaco pode ser traduzida por



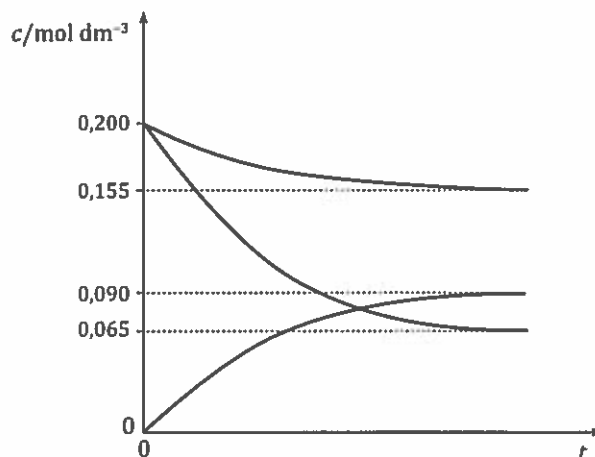
- 18.1. Fazendo reagir 6 moles de  $\text{H}_2(\text{g})$  com 3 moles de  $\text{N}_2(\text{g})$ , seria possível obter
- (A) 4 moles de  $\text{NH}_3(\text{g})$ , sendo o  $\text{N}_2(\text{g})$  o reagente limitante.
  - (B) 4 moles de  $\text{NH}_3(\text{g})$ , sendo o  $\text{H}_2(\text{g})$  o reagente limitante.
  - (C) 6 moles de  $\text{NH}_3(\text{g})$ , sendo o  $\text{N}_2(\text{g})$  o reagente limitante.
  - (D) 6 moles de  $\text{NH}_3(\text{g})$ , sendo o  $\text{H}_2(\text{g})$  o reagente limitante.
- 18.2. Considere que a variação de energia associada à formação de 2 moles de amoníaco, a partir da reação acima indicada, é  $-92 \text{ kJ}$ .
- A formação de 12 moles de amoníaco, a partir da mesma reação, envolverá
- (A) a libertação de  $(6 \times 92) \text{ kJ}$ .
  - (B) a absorção de  $(6 \times 92) \text{ kJ}$ .
  - (C) a libertação de  $(12 \times 92) \text{ kJ}$ .
  - (D) a absorção de  $(12 \times 92) \text{ kJ}$ .
- Nota: item de Química de 10.º ano (Propriedades e transformações da matéria)
- 18.3. O gráfico apresentado na figura traduz o modo como varia a constante de equilíbrio  $K_c$ , daquela reação, em função da temperatura,  $T$ .



Para essa reação, compare a energia envolvida na rutura e na formação das ligações químicas, fundamentando a sua resposta a partir da informação fornecida pelo gráfico.

18.4. Considere que se fez reagir  $\text{N}_2(\text{g})$  e  $\text{H}_2(\text{g})$  num recipiente com a capacidade de 1 L.

O gráfico da figura representa a evolução, ao longo do tempo,  $t$ , das concentrações das espécies envolvidas na reação de síntese do amoníaco, a temperatura constante.



18.4.1. Qual é o valor do quociente da reação no instante inicial?

18.4.2. Calcule o rendimento da reação de síntese.

Apresente todas as etapas de resolução.

18.5. Num recipiente fechado de capacidade  $5,0 \text{ dm}^3$ , uma mistura constituída por  $1,0 \text{ mol}$  de  $\text{H}_2(\text{g})$ ,  $2,5 \text{ mol}$  de  $\text{N}_2(\text{g})$  e  $2,0 \text{ mol}$  de  $\text{NH}_3(\text{g})$  encontra-se a  $500 \text{ }^\circ\text{C}$ . A essa temperatura, a constante de equilíbrio,  $K_c$ , da reação é  $0,30$ .

Mostre, com base no valor do quociente de reação,  $Q_c$ , que a concentração de amoníaco, na mistura reacional, diminui até se estabelecer o equilíbrio.

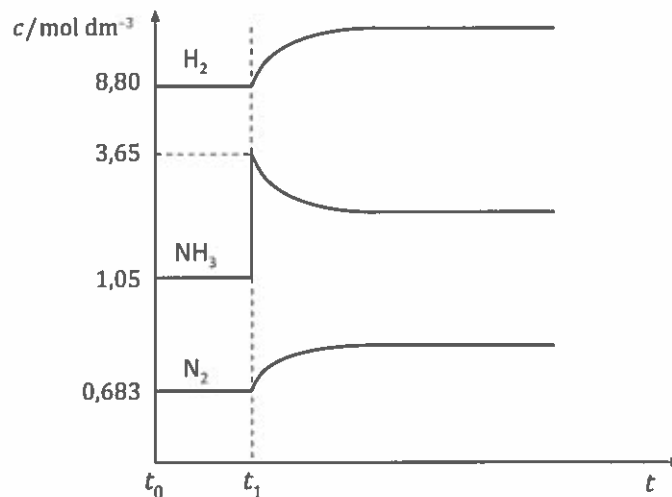
Apresente todas as etapas de resolução.

19. A reação de síntese do amoníaco pode ser traduzida por



A figura apresenta um gráfico que traduz a evolução, ao longo do tempo, das concentrações das espécies envolvidas na reação de síntese do amoníaco, à temperatura de 350 °C.

A figura não está à escala.



19.1. O sistema químico considerado \_\_\_\_\_ inicialmente em equilíbrio, evoluindo no sentido da reação \_\_\_\_\_, após lhe ter sido aplicada, no instante  $t_1$ , uma perturbação.

- (A) encontrava-se ... direta
- (B) não se encontrava ... direta
- (C) não se encontrava ... inversa
- (D) encontrava-se ... inversa

19.2. Qual é a expressão numérica que pode traduzir o valor aproximado do quociente da reação, no instante imediatamente após ter sido aplicada a perturbação?

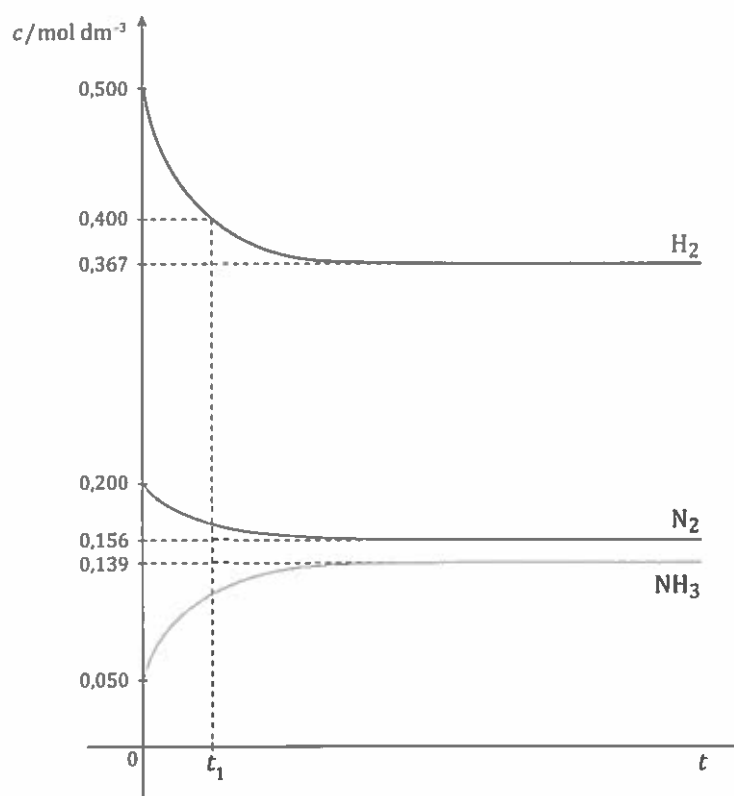
- (A)  $Q_c \approx \frac{1,05^2}{0,683 \times 8,80^3}$
- (B)  $Q_c \approx \frac{3,65^2}{0,683 \times 8,80^3}$
- (C)  $Q_c \approx \frac{0,683 \times 8,80^3}{1,05^2}$
- (D)  $Q_c \approx \frac{0,683 \times 8,80^3}{3,65^2}$

20. A reação de síntese do amoníaco pode ser traduzida por



Considere que se introduziu, num reator com a capacidade de 1,00 L, uma mistura de nitrogénio, hidrogénio e amoníaco, em fase gasosa, em diferentes concentrações.

O gráfico da figura representa a evolução, ao longo do tempo,  $t$ , das concentrações,  $c$ , dessas substâncias, à temperatura  $T$ .

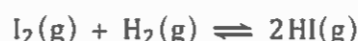


- 20.1. Qual foi a variação da concentração de H<sub>2</sub> (g) no intervalo de tempo  $[0, t_1]$  ?
- 20.2. A fração molar de NH<sub>3</sub>, na mistura gasosa inicialmente introduzida no reator, é
- (A)  $7,1 \times 10^{-2}$
- (B)  $6,7 \times 10^{-2}$
- (C)  $3,6 \times 10^{-1}$
- (D)  $2,1 \times 10^{-1}$

Nota: item de Química de 10.º ano (Elementos químicos e sua organização)

- 20.3. Calcule o rendimento da reação de síntese do NH<sub>3</sub> (g), nas condições consideradas. Apresente todas as etapas de resolução.
- 20.4. Preveja, justificando, como variará a composição da mistura reacional se ocorrer um aumento da temperatura do sistema em equilíbrio.

21. O iodo,  $I_2$ , reage com o hidrogénio,  $H_2$ , em fase gasosa, formando-se iodeto de hidrogénio,  $HI(g)$ . A reação pode ser traduzida por



Na tabela seguinte, estão registados os valores da constante de equilíbrio,  $K_c$ , da reação de formação do  $HI(g)$  considerada, a três temperaturas diferentes.

$T / K$	$K_c$
500	160
700	54
763	46

- 21.1. Considere que, num reator com a capacidade de 1,00 L, foram inicialmente introduzidas  $2,56 \times 10^{-3}$  mol de  $I_2(g)$  e uma certa quantidade de  $H_2(g)$ . Considere ainda que, no início, não existia  $HI(g)$  no reator.

Quando, a 763 K, o sistema atingiu um estado de equilíbrio, a quantidade de  $I_2(g)$  que existia no reator era  $1,46 \times 10^{-3}$  mol.

Calcule a quantidade, em mol, de  $H_2(g)$  que deverá existir no reator quando o sistema está em equilíbrio àquela temperatura.

Apresente todas as etapas de resolução.

- 21.2. Compare a energia absorvida na quebra das ligações com a energia libertada no estabelecimento das ligações, na reação química considerada. Fundamente a sua resposta com base na variação da constante de equilíbrio da reação com a temperatura.

22. A reação de síntese do amoníaco pode ser traduzida por



- 22.1. Na tabela seguinte, estão registadas, além das concentrações iniciais de  $N_2(g)$  e de  $H_2(g)$ , as concentrações de equilíbrio das substâncias envolvidas na reação considerada relativas a um mesmo estado de equilíbrio do sistema, à temperatura  $T$ .

Admita que a reação ocorreu num reator com a capacidade de 1,00 L e que as substâncias envolvidas não participaram em nenhum outro processo.

	$N_2$	$H_2$	$NH_3$
Concentração inicial / $\text{mol dm}^{-3}$	0,200	0,500	?
Concentração de equilíbrio / $\text{mol dm}^{-3}$	0,144	0,332	0,112

**22.1.1.** Verifique se inicialmente existia, ou não,  $\text{NH}_3$  no reator.

Apresente todas as etapas de resolução.

**22.1.2.** Admita que, num determinado instante, se adicionou  $\text{H}_2$  (g) ao sistema no estado de equilíbrio considerado e que a concentração deste gás aumentou, nesse instante, para o dobro.

O valor aproximado do quociente da reação, imediatamente após aquela adição, pode ser calculado pela expressão

$$\begin{array}{ll} \text{(A)} \frac{0,112^2}{0,200 \times 0,500^3} & \text{(B)} \frac{0,112^2}{0,288 \times 0,664^3} \\ \text{(C)} \frac{0,112^2}{0,200 \times 1,000^3} & \text{(D)} \frac{0,112^2}{0,144 \times 0,664^3} \end{array}$$

**22.2.** A variação de energia associada à formação de 2 mol de amoníaco, a partir da reação de síntese considerada, é  $-92$  kJ.

A energia (média) da ligação N – H é  $393$  kJ mol $^{-1}$ .

Determine a energia total que é absorvida na rutura de 1 mol de ligações  $\text{N} \equiv \text{N}$  e de 3 mol de ligações H – H.

Apresente todas as etapas de resolução.

**Nota:** item de Química de 10.º ano (Propriedades e transformações da matéria)

**23.** O dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ , reage com o hidrogénio,  $\text{H}_2$ , formando-se monóxido de carbono, CO, e vapor de água. A reação em fase gasosa pode ser traduzida pela equação química



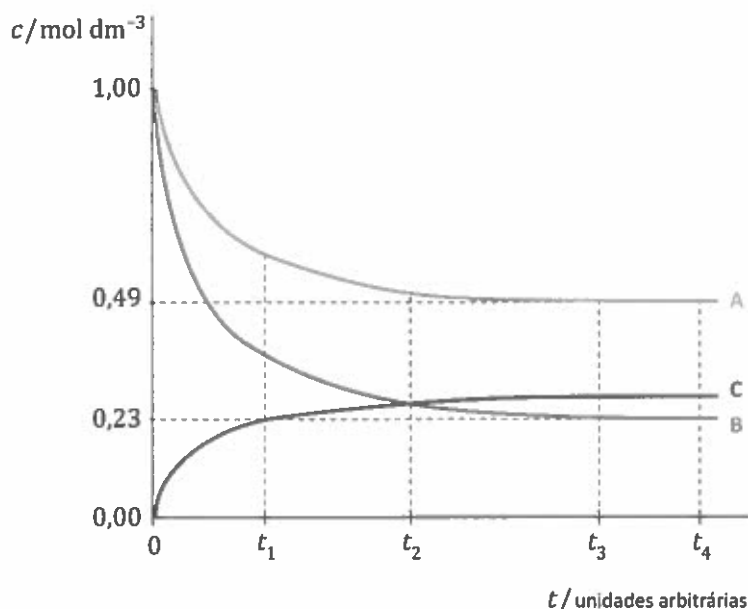
Num reator com a capacidade de 10,00 L, foi introduzida, à temperatura de 700 °C, uma mistura gasosa inicialmente constituída por 0,300 mol de CO (g) e por 0,300 mol de  $\text{H}_2\text{O}$  (g).

Quando o sistema químico atingiu um estado de equilíbrio à temperatura de 700 °C, existia no reator uma quantidade de CO (g) igual a 42,3% da quantidade inicial deste gás.

Determine a constante de equilíbrio,  $K_c$ , a 700 °C, da reação traduzida pela equação química acima apresentada, a partir das concentrações de equilíbrio de cada uma das espécies envolvidas na reação.

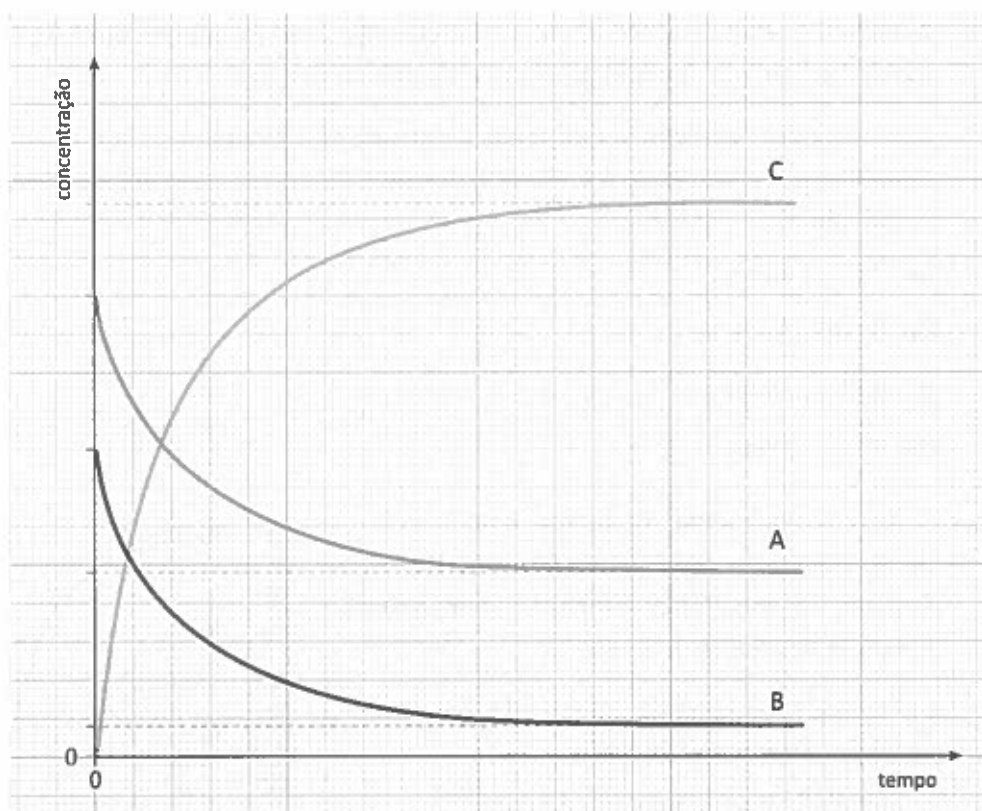
Apresente todas as etapas de resolução.

24. As curvas representadas no gráfico da figura traduzem a concentração,  $c$ , ao longo do tempo,  $t$ , das espécies A, B e C que intervêm numa reação química em fase gasosa. O sistema químico atinge um estado de equilíbrio a uma temperatura  $T$ .



- 24.1. Em que proporção reagem entre si as espécies A e B?
- (A) 2 mol A : 1 mol B  
 (B) 3 mol A : 2 mol B  
 (C) 1 mol A : 2 mol B  
 (D) 2 mol A : 3 mol B
- 24.2. O instante a partir do qual se pode considerar que o sistema químico atinge um estado de equilíbrio é
- (A)  $t_1$   
 (B)  $t_2$   
 (C)  $t_3$   
 (D)  $t_4$
- 24.3. Considere que num determinado instante, depois de atingido o estado de equilíbrio à temperatura  $T$ , se aumenta a concentração da espécie A.
- Conclua, justificando, como variará o quociente da reação, após o aumento da concentração da espécie A, até ser atingido um novo estado de equilíbrio, à mesma temperatura.

25. A figura apresenta o gráfico que traduz a evolução da concentração, ao longo do tempo, das espécies A, B e C que intervêm numa reação química em fase gasosa, à temperatura  $T$ .



- 25.1. Na tabela seguinte, estão registadas concentrações de equilíbrio das espécies A, B e C, relativas a um mesmo estado de equilíbrio do sistema químico, à temperatura  $T$ .

Espécie	Concentração de equilíbrio / mol dm <sup>-3</sup>
A	0,144
B	0,0238
C	0,432

Determine a constante de equilíbrio,  $K_c$ , da reação considerada, à temperatura  $T$ .

Apresente todas as etapas de resolução.

- 25.2. Considere que a reação de formação da espécie C é uma reação exotérmica.

Conclua, justificando, como variará a constante de equilíbrio,  $K_c$ , da reação considerada se a temperatura aumentar.



26. O dióxido de enxofre reage com o oxigénio, de acordo com a seguinte equação química:



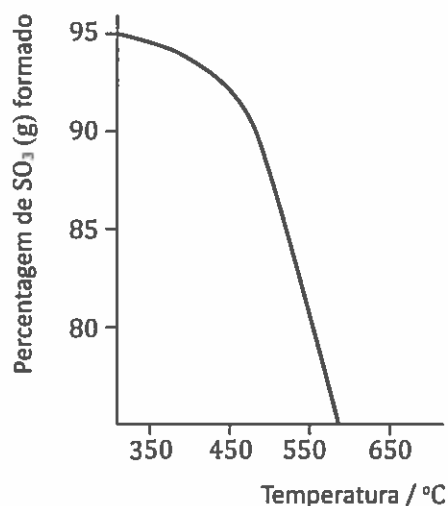
26.1. Considere que, à temperatura  $T$ , foram introduzidas, num recipiente com 1,0 L de capacidade, 0,8 mol de  $\text{SO}_2(\text{g})$ , 0,8 mol de  $\text{O}_2(\text{g})$  e 2,6 mol de  $\text{SO}_3(\text{g})$ .

Nas condições referidas, o quociente da reação,  $Q_c$ , é igual a \_\_\_\_\_, o que permite concluir que o sistema se irá deslocar no sentido \_\_\_\_\_, até se atingir um estado de equilíbrio.

- (A) 13,2 ... inverso  
 (B) 0,076 ... inverso  
 (C) 0,076 ... direto  
 (D) 13,2 ... direto
- 26.2. A figura representa o modo como varia a percentagem de trióxido de enxofre,  $\text{SO}_3(\text{g})$ , formado, em equilíbrio, em função da temperatura, à pressão constante de 1 atm.

Com base na variação observada no gráfico, justifique a seguinte afirmação.

A reação é exotérmica no sentido direto.



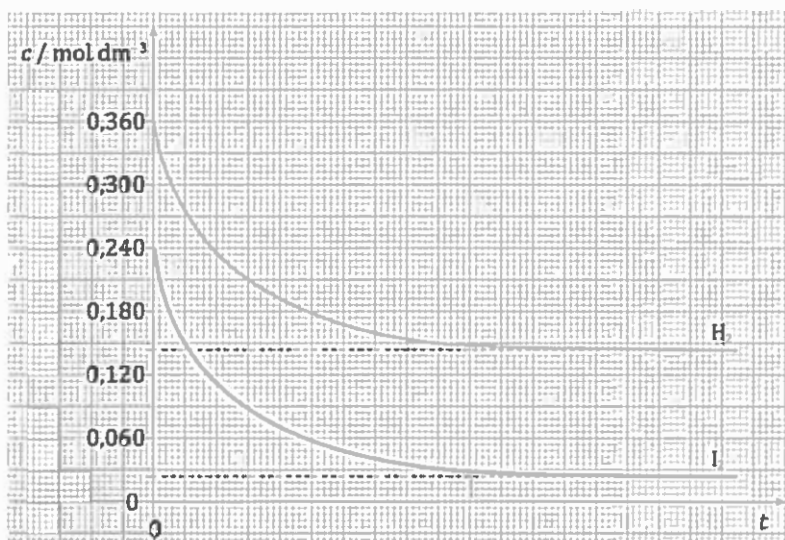
27. A variação de entalpia ( $\Delta H$ ) associada ao processo de dissolução do KCl em água é positiva. Preveja, com base no princípio de Le Châtelier, como variará a solubilidade deste sal em água à medida que a temperatura aumenta. Justifique a resposta.
28. O iodo,  $\text{I}_2(\text{g})$ , reage com o hidrogénio,  $\text{H}_2(\text{g})$ , em fase gasosa, formando-se iodeto de hidrogénio,  $\text{HI}(\text{g})$ .  
 A reação pode ser traduzida por



Nesta reação, a variação de entalpia associada à formação de 2 mol de  $\text{HI}(\text{g})$  é  $-9,2 \text{ kJ}$ .

- 28.1. Considere que, à temperatura  $T$ , se introduziu, num reator com a capacidade de 1,00 L, uma mistura de  $\text{H}_2(\text{g})$  e de  $\text{I}_2(\text{g})$ , em diferentes concentrações, não existindo inicialmente  $\text{HI}(\text{g})$  no reator.

O gráfico da figura mostra a evolução, ao longo do tempo,  $t$ , das concentrações,  $c$ , dos reagentes.



Determine a constante de equilíbrio,  $K_c$ , da reação considerada, à temperatura  $T$ .

Apresente todas as etapas de resolução.

- 28.2. Conclua como variará a composição do sistema se a temperatura diminuir, a volume constante.

Apresente num texto a fundamentação da conclusão solicitada.

- 28.3. A energia de ligação em  $\text{H}_2$  ( $\text{H}-\text{H}$ ) é  $436,4 \text{ kJ mol}^{-1}$  e a energia de ligação em  $\text{HI}$  ( $\text{H}-\text{I}$ ) é  $298,3 \text{ kJ mol}^{-1}$ .

Qual é a energia que se liberta quando se forma 1 mol de ligações  $\text{I}-\text{I}$  em  $\text{I}_2$ ?

- (A) 307,5 kJ      (B) 151,0 kJ      (C) 169,4 kJ      (D) 147,3 kJ

Nota: item de Química de 10.º ano (Propriedades e transformações da matéria)

29. Considere que, num reator com a capacidade de 1,00 L, se misturaram 0,80 mol de um reagente  $\text{A}(\text{g})$  com 1,30 mol de um outro reagente  $\text{B}(\text{g})$ , que reagiram entre si, formando-se os produtos  $\text{C}(\text{g})$  e  $\text{D}(\text{g})$ . Esta reação pode ser traduzida por



Depois de atingido o equilíbrio, à temperatura  $T$ , verificou-se que existiam no reator 0,45 mol de  $\text{C}(\text{g})$ .

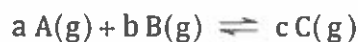
- 29.1. Determine a constante de equilíbrio,  $K_c$ , da reação considerada, à temperatura  $T$ .

Apresente todas as etapas de resolução.

29.2. Determine o rendimento da reação, nas condições consideradas.

Apresente todas as etapas de resolução.

30. Considere uma reação química em fase gasosa traduzida pelo esquema



em que  $a$ ,  $b$  e  $c$  são os coeficientes estequiométricos das substâncias A, B e C, respetivamente.

30.1. Admita que, num reator com a capacidade de 1,00 L, se introduziram, à temperatura  $T$ , 0,400 mol de A (g) e 0,400 mol de B (g).

30.1.1. Considere que A e B são substâncias moleculares.

Quantas moléculas foram, no total, inicialmente introduzidas no reator?

(A)  $2,41 \times 10^{23}$     (B)  $4,82 \times 10^{23}$     (C)  $1,93 \times 10^{24}$     (D)  $9,63 \times 10^{23}$

Nota: item de Química de 10.º ano (Elementos químicos e sua organização)

30.1.2. No quadro seguinte, estão registadas as quantidades das substâncias A, B e C que existem no reator, num mesmo estado de equilíbrio do sistema, à temperatura  $T$ .

Substância	A	B	C
$n / \text{mol}$	0,344	0,232	0,112

Calcule a constante de equilíbrio,  $K_c$ , da reação considerada, à temperatura  $T$ .

Comece por determinar os coeficientes estequiométricos  $a$ ,  $b$  e  $c$ .

Apresente todas as etapas de resolução.

30.2. Admita que a reação considerada ocorre em sistema fechado, sendo a variação de entalpia do sistema negativa.

Conclua, com base no princípio de Le Châtelier, como variará a constante de equilíbrio,  $K_c$ , da reação se a temperatura aumentar.

Apresente num texto a fundamentação da conclusão solicitada.

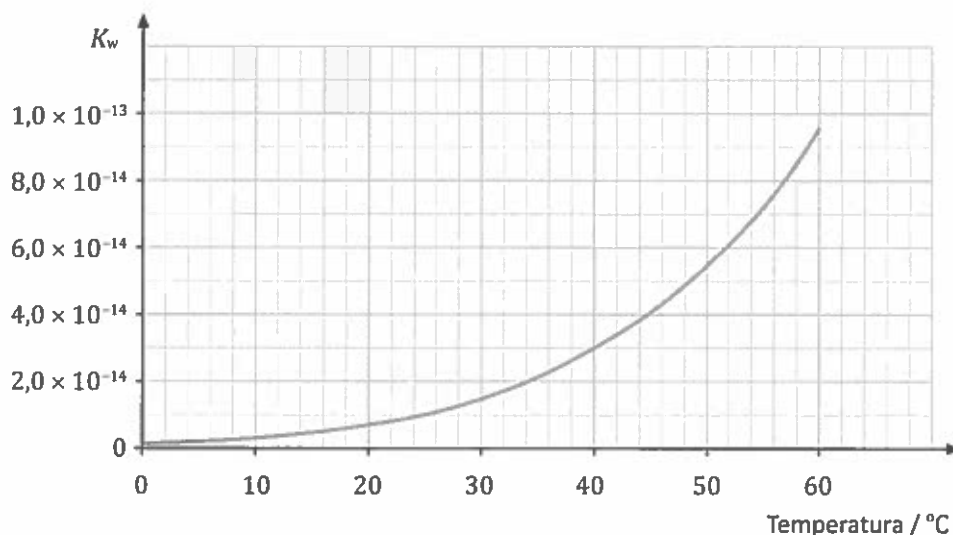
**DOMÍNIO:**

**Reações em sistemas aquosos**

1. O produto iónico da água,  $K_w$ , é a constante de equilíbrio definida para a reação de autoionização da água que pode ser traduzida por



O gráfico da figura representa o produto iónico da água,  $K_w$ , em função da temperatura.



- 1.1. Determine o pH de uma amostra pura de água à temperatura de 40 °C.  
Apresente todas as etapas de resolução.
- 1.2. O pH de uma amostra pura de água \_\_\_\_\_ à medida que a temperatura aumenta, \_\_\_\_\_ alteração do caráter neutro da água.
- (A) aumenta ... havendo  
(B) diminui ... não havendo  
(C) diminui ... havendo  
(D) aumenta ... não havendo
- 1.3. Conclua, justificando, se a reação de autoionização da água é endotérmica ou exotérmica.
- 1.4. A água é uma espécie química anfotérica (ou anfiprótica), porque, em reações de ácido-base,
- (A) se comporta sempre como um ácido.  
(B) se comporta sempre como uma base.  
(C) se pode comportar como um ácido ou como uma base.  
(D) nunca se comporta como um ácido nem como uma base.

2. Com o objetivo de estudar o pH de soluções aquosas, um grupo de alunos realizou várias medições, utilizando um sensor devidamente calibrado.

2.1. Os alunos começaram por medir o pH de uma amostra de água mineral.

Os valores de pH obtidos em três ensaios, a 25 °C, encontram-se registados na tabela seguinte.

Ensaio	pH
1	6,47
2	6,43
3	6,48

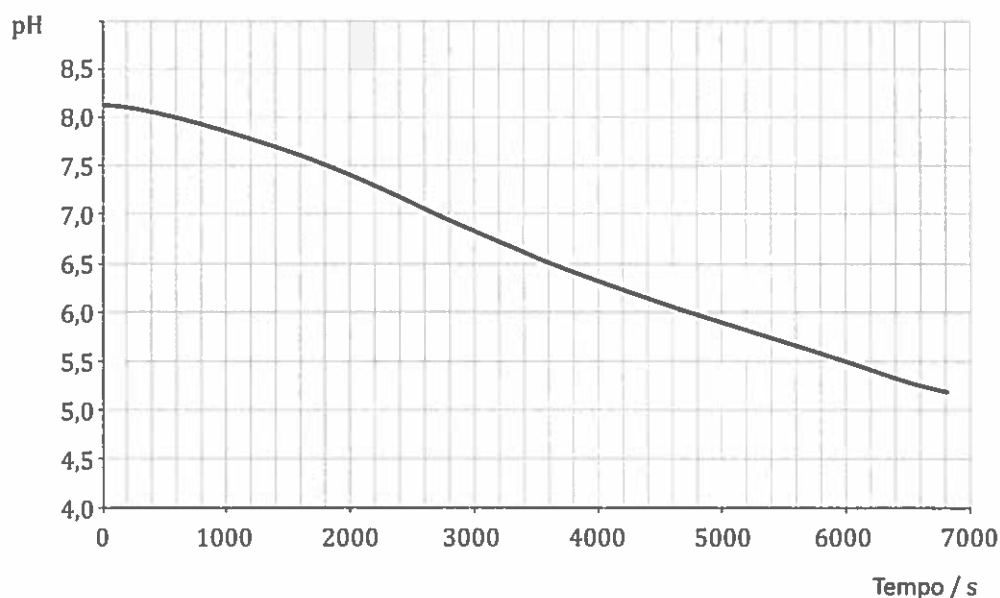
Obtenha o resultado da medição de pH.

Exprima esse resultado em função do valor mais provável e da incerteza absoluta.

Apresente todas as etapas de resolução.

2.2. Em seguida, os alunos mediram, a 25 °C, o pH ao longo do tempo de uma outra amostra de água mineral. A esta amostra foi sendo adicionado dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$  (g), durante o intervalo de tempo em que decorreu a experiência.

A figura apresenta o gráfico do pH da amostra de água em função do tempo.



2.2.1. A variação de pH que se observa entre os instantes  $t = 1800\text{ s}$  e  $t = 6000\text{ s}$  traduz, em relação à concentração hidrogeniónica,

- (A) um aumento de vinte vezes.      (B) um aumento de cem vezes.  
(C) uma diminuição de duas vezes.      (D) uma diminuição de mil vezes.

- 2.2.2. O  $\text{CO}_2$  dissolvido reage com a água, dando origem a um ácido fraco, o ácido carbónico,  $\text{H}_2\text{CO}_3$  (aq). A reação pode ser traduzida por



Explique a diminuição do pH da amostra de água mineral, durante o intervalo de tempo em que decorreu a experiência.

Nota: item com conteúdos de Química de 11.º ano (Equilíbrio químico)

3. Num laboratório, um grupo de alunos pretende preparar, com rigor, uma solução aquosa neutra, por meio de uma reação de neutralização, e aproveitar essa solução para verificar como o produto iónico da água,  $K_w$ , varia com a temperatura.

A solução aquosa neutra foi preparada misturando 50 mL de ácido clorídrico,  $\text{HCl}(\text{aq})$ , de concentração  $0,100 \text{ mol dm}^{-3}$ , com um determinado volume de uma solução aquosa de hidróxido de sódio,  $\text{NaOH}(\text{aq})$ , de concentração  $0,500 \text{ mol dm}^{-3}$ .

Em seguida, mediram o pH dessa solução a diferentes temperaturas, o que lhes permitiu verificar como  $K_w$  varia com a temperatura.

- 3.1. Na preparação, com rigor, da solução aquosa neutra, o volume de  $\text{NaOH}(\text{aq})$  que tiveram de utilizar foi

(A) 5,0 mL.                      (B) 10 mL.                      (C) 15 mL.                      (D) 20 mL.

- 3.2. Que material de vidro deve ser utilizado na medição do volume de  $\text{NaOH}(\text{aq})$ ?

(A) Pipeta graduada.  
(B) Proveta graduada.  
(C) Copo de precipitação.  
(D) Pipeta de Pasteur.

- 3.3. Na tabela seguinte apresentam-se os valores de pH da solução preparada, a diversas temperaturas.

Temperatura / °C	pH
20	7,12
25	7,03
30	6,96
35	6,87
40	6,72

Indique, justificando a sua resposta, como varia o produto iónico da água,  $K_w$ , em função da temperatura, com base nesta tabela.

4. A reação do amoníaco com a água pode ser traduzida por



4.1. Nesta reação, comportam-se como ácidos de Brønsted-Lowry as espécies

- (A)  $\text{NH}_3(\text{aq})$  e  $\text{NH}_4^+(\text{aq})$                       (B)  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  e  $\text{NH}_4^+(\text{aq})$   
 (C)  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  e  $\text{NH}_3(\text{aq})$                       (D)  $\text{NH}_3(\text{aq})$  e  $\text{OH}^-(\text{aq})$

4.2. Considere uma solução aquosa de amoníaco de concentração  $5,00 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$  cujo pH, a 25 °C, é 10,97.

4.2.1. Calcule a quantidade (em mol) de amoníaco não ionizado que existe em  $250 \text{ cm}^3$  dessa solução.

Apresente todas as etapas de resolução.

4.2.2. Considere que se adicionam lentamente algumas gotas de uma solução aquosa de um ácido forte àquela solução de amoníaco, a temperatura constante.

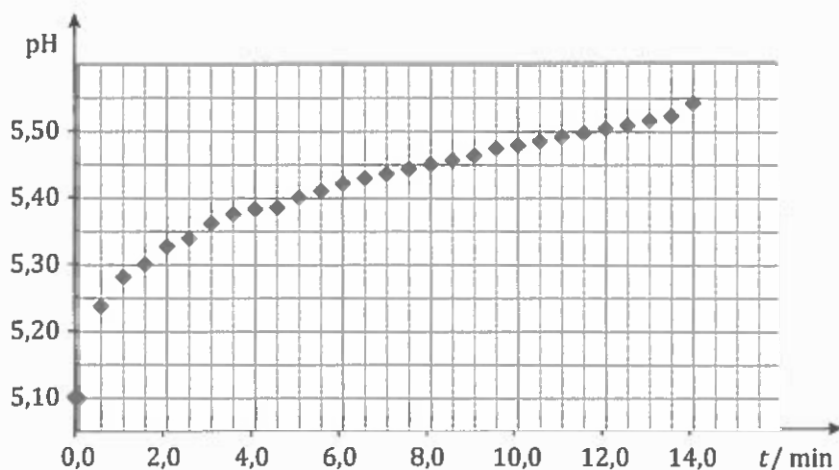
À medida que aquela adição ocorre, o pH da solução resultante \_\_\_\_\_ e a ionização da espécie  $\text{NH}_3(\text{aq})$  torna-se \_\_\_\_\_ extensa.

- (A) diminui ... mais  
 (B) diminui ... menos  
 (C) aumenta ... mais  
 (D) aumenta ... menos

5. As águas gaseificadas para consumo contêm dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ , dissolvido.

A figura mostra a evolução ao longo do tempo,  $t$ , do pH, a 25 °C, de uma amostra de uma água gaseificada que foi posta em contacto com o ar.

Os dados foram registados durante um determinado intervalo de tempo, que teve início num instante muito próximo daquele em que a amostra, inicialmente fechada, foi posta em contacto com o ar.





5.1. Na amostra da água gaseificada, a 25 °C, a concentração inicial de iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) é \_\_\_\_\_ a  $1,00 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$  e é \_\_\_\_\_ à concentração de iões  $\text{OH}^-$  (aq).

- (A) inferior ... igual
- (B) superior ... superior
- (C) inferior ... superior
- (D) superior ... igual

5.2. Qual foi a variação da concentração de iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) na amostra da água gaseificada nos primeiros 5,0 min do intervalo de tempo em que os dados foram registados?

Apresente o resultado com dois algarismos significativos.

5.3. O dióxido de carbono reage com a água, dando origem ao ácido carbónico,  $\text{H}_2\text{CO}_3$  (aq).

Esta reação pode ser traduzida por



O ácido carbónico,  $\text{H}_2\text{CO}_3$  (aq), é um ácido diprótico fraco cuja reação de ionização global em água pode ser traduzida por



5.3.1. Quais das seguintes espécies constituem um par ácido-base conjugado?

- (A)  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  e  $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$
- (B)  $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$  e  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$
- (C)  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  e  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- (D)  $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$  e  $\text{CO}_3^{2-}(\text{aq})$

5.3.2. Durante o intervalo de tempo em que os dados foram registados, libertou-se  $\text{CO}_2$  (g).

Justifique, com base no princípio de Le Châtelier, o aumento do pH da amostra da água gaseificada nesse intervalo de tempo.

Tenha em consideração as reações (1) e (2) acima representadas.

6. *Chuva ácida* é a designação dada à água da chuva cuja acidez seja superior à resultante da dissolução do dióxido de carbono atmosférico em água. Esta dissolução determina, só por si, um pH de cerca de 5,6. A principal causa deste aumento de acidez é a emissão para a atmosfera, em quantidades significativas, de compostos gasosos contendo enxofre e nitrogénio, que originam ácidos fortes em meio aquoso. Os efeitos ambientais da chuva ácida levaram à adoção, pela generalidade dos países, de medidas restritivas da queima de combustíveis fósseis.

6.1. A chuva ácida apresenta um pH \_\_\_\_\_ a 5,6, resultante da formação de ácidos \_\_\_\_\_.

- (A) inferior ... fracos  
 (B) superior ... fortes  
 (C) inferior ... fortes  
 (D) superior ... fracos

6.2. Recolheu-se uma amostra de 50,0 mL de água da chuva com pH igual a 5,6.

Qual das seguintes expressões numéricas permite calcular a quantidade de iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  presente nessa amostra de água?

- (A)  $\left(\frac{10^{-5,6}}{50 \times 10^{-3}}\right)$  mol                      (B)  $(10^{-5,6} \times 50 \times 10^{-3})$  mol  
 (C)  $\left(\frac{50 \times 10^{-3}}{10^{-5,6}}\right)$  mol                      (D)  $(10^{-5,6} \times 50 \times 10^{-3})^{-1}$  mol

6.3. Numa solução aquosa ácida, a 25 °C, verifica-se a relação

- (A)  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] \times 1,0 \times 10^{-14}$   
 (B)  $[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] < 1,0 \times 10^{-14}$   
 (C)  $[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] > 1,0 \times 10^{-14}$   
 (D)  $[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = 1,0 \times 10^{-14}$

7. A vida dos organismos marinhos com concha enfrenta uma nova ameaça: o aumento do nível de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) atmosférico.

Os oceanos absorvem naturalmente parte do  $\text{CO}_2$  emitido para a atmosfera, dissolvendo-o nas suas águas. Uma vez em solução, o  $\text{CO}_2$  reage, tornando a água do mar, atualmente a um pH de cerca de 8,1, menos alcalina. Como se continua a emitir enormes quantidades daquele gás, o impacto começa a notar-se – os cientistas mediram já um aumento de acidez de cerca de 30% na água do mar e preveem um aumento de 100 a 150% até 2100.

O aumento de acidez é acompanhado por uma diminuição da concentração de iões carbonato em solução. Assim, muitos organismos marinhos, que dependem do carbonato da água do mar para construir as suas conchas e outras componentes duras, perderão a capacidade de construir ou de manter essas estruturas vitais.

J.S. Holland, «A ameaça ácida», *National Geographic Portugal*, novembro 2007 (adaptado)

- 7.1. Refira, com base no texto, um fator que ameaça a vida dos organismos marinhos com concha e que é devido ao aumento da concentração de  $\text{CO}_2$  dissolvido na água do mar.
- 7.2. Entendendo por acidez de uma solução a concentração hidrogeniônica ( $[\text{H}_3\text{O}^+]$ ) total existente nessa solução, um aumento de acidez de cerca de 100% na água do mar, em relação ao valor atual, determinará um pH de cerca de
- (A) 4,1                      (B) 8,4                      (C) 16,2                      (D) 7,8
- 7.3. Qual das seguintes equações químicas pode traduzir a reação do dióxido de carbono com a água?
- (A)  $\text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) + 2\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$
- (B)  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{CO}_3^{2-}(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$
- (C)  $\text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$
- (D)  $\text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{HCO}_3^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$
8. As constantes de acidez, a 25 °C, do ácido cianídrico,  $\text{HCN}(\text{aq})$ , e do ácido nitroso,  $\text{HNO}_2(\text{aq})$ , são  $4,9 \times 10^{-10}$  e  $5,1 \times 10^{-4}$ , respetivamente.
- Considere, àquela temperatura, uma solução de ácido cianídrico e uma solução de ácido nitroso de igual concentração.
- O pH da solução de ácido \_\_\_\_\_ é maior, uma vez que a ionização deste ácido é \_\_\_\_\_ extensa.
- (A) cianídrico ... menos                      (B) cianídrico ... mais
- (C) nitroso ... menos                      (D) nitroso ... mais
9. Admita que disponha de uma solução aquosa de amoníaco,  $\text{NH}_3(\text{aq})$ , de concentração mássica  $2,50 \times 10^2 \text{ g dm}^{-3}$ , e que pretendia preparar, a partir daquela solução concentrada,  $500 \text{ cm}^3$  de uma solução diluída, de concentração  $0,400 \text{ mol dm}^{-3}$ .
- 9.1. Calcule o volume de solução concentrada que teria de medir para preparar a solução pretendida.
- Apresente todas as etapas de resolução.
- Nota: item de Química de 10.º ano (Propriedades e transformações da matéria)
- 9.2. Na diluição efetuada utilizou água destilada, de pH igual a 7,04.
- Qual é a concentração de iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  na referida água?
- (A)  $9,12 \times 10^{-8} \text{ mol dm}^{-3}$                       (B)  $1,00 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$
- (C)  $1,10 \times 10^7 \text{ mol dm}^{-3}$                       (D)  $8,48 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$
- 9.3. Na solução aquosa diluída de amoníaco, a 25 °C, a concentração de iões  $\text{OH}^-(\text{aq})$  é  $2,7 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$  e a concentração de iões  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  é \_\_\_\_\_  $\text{mol dm}^{-3}$ , o que permite concluir que essa solução é \_\_\_\_\_.
- (A)  $3,7 \times 10^{-12}$  ... ácida                      (B)  $2,7 \times 10^{11}$  ... ácida
- (C)  $2,7 \times 10^{11}$  ... básica                      (D)  $3,7 \times 10^{-12}$  ... básica

10. O carácter básico de uma solução de amoníaco deve-se à reação de  $\text{NH}_3(\text{aq})$  com a água, que pode ser traduzida por



A constante de basicidade de  $\text{NH}_3(\text{aq})$  é  $1,8 \times 10^{-5}$ , a  $25^\circ\text{C}$ .

- 10.1. A reação de  $\text{NH}_3(\text{aq})$  com a água corresponde a um processo de

- (A) dissociação completa.  
 (B) dissociação parcial.  
 (C) ionização completa.  
 (D) ionização parcial.

- 10.2. A constante de acidez do ácido conjugado de  $\text{NH}_3(\text{aq})$ , a  $25^\circ\text{C}$ , é

- (A)  $\frac{1,00 \times 10^{-14}}{1,8 \times 10^{-5}}$     (B)  $\frac{1,8 \times 10^{-5}}{1,00 \times 10^{-14}}$     (C)  $\frac{\sqrt{1,00 \times 10^{-14}}}{1,8 \times 10^{-5}}$     (D)  $\frac{1}{1,8 \times 10^{-5}}$

11. O ácido nítrico é um ácido forte, cujo valor de  $K_a$  é muito elevado.

- 11.1. A reação de ionização do ácido nítrico em água pode ser traduzida por



Selecione a opção que apresenta, para esta reação, um par ácido-base conjugado.

- (A)  $\text{HNO}_3 / \text{H}_2\text{O}$     (B)  $\text{HNO}_3 / \text{NO}_3^-$     (C)  $\text{H}_2\text{O} / \text{NO}_3^-$     (D)  $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{NO}_3^-$

- 11.2. Qual é o pH de uma solução aquosa de ácido nítrico de concentração  $2,51 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$  ?

- (A) 1,30    (B) 1,60    (C) 5,02    (D) 3,30

- 11.3. Sendo o amoníaco,  $\text{NH}_3$ , uma base de Brønsted-Lowry mais forte do que a espécie  $\text{NO}_3^-$ , a espécie

- (A)  $\text{NH}_3$  cede iões  $\text{H}^+$  com mais facilidade do que a espécie  $\text{NH}_4^+$ .  
 (B)  $\text{NO}_3^-$  aceita iões  $\text{H}^+$  com mais facilidade do que a espécie  $\text{NH}_3$ .  
 (C)  $\text{HNO}_3$  cede iões  $\text{H}^+$  com mais facilidade do que a espécie  $\text{NH}_4^+$ .  
 (D)  $\text{HNO}_3$  aceita iões  $\text{H}^+$  com mais facilidade do que a espécie  $\text{NO}_3^-$ .

12. O ácido fluorídrico,  $\text{HF}(\text{aq})$ , é um ácido fraco, cuja reação de ionização em água pode ser traduzida por



- 12.1. Qual das expressões seguintes pode traduzir a constante de basicidade,  $K_b$ , da base conjugada do ácido fluorídrico?

- (A)  $K_b = \frac{[\text{HF}][\text{OH}^-]}{[\text{F}^-][\text{H}_2\text{O}]}$     (B)  $K_b = \frac{[\text{HF}][\text{OH}^-]}{[\text{F}^-]}$     (C)  $K_b = \frac{[\text{HF}]}{[\text{F}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}$     (D)  $K_b = \frac{[\text{HF}][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{F}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}$

- 12.2. O pH de uma solução de ácido fluorídrico de concentração  $0,020 \text{ mol dm}^{-3}$  é 2,45, a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ .  
Determine a percentagem de ácido não ionizado, nessa solução.  
Apresente todas as etapas de resolução.
13. O ácido clorídrico,  $\text{HCl}(\text{aq})$ , é um ácido forte.  
Adicionaram-se  $150 \text{ cm}^3$  de  $\text{HCl}(\text{aq})$  de concentração  $0,020 \text{ mol dm}^{-3}$  a  $1,00 \text{ dm}^3$  de água.  
Admita que o volume da solução resultante é a soma dos volumes adicionados.  
Qual é o pH da solução resultante dessa adição?  
(A) 2,58      (B) 2,52      (C) 1,76      (D) 1,70
14. O amoníaco é uma base fraca, cuja reação de ionização em água pode ser traduzida por
- $$\text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$$
- 14.1. Considere uma solução aquosa comercial de amoníaco, de concentração  $13 \text{ mol dm}^{-3}$  e de massa volúmica  $0,91 \text{ g cm}^{-3}$ , que é posteriormente diluída 500 vezes.  
A solução obtida por diluição da solução comercial tem um pH de 10,83, a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ .  
Determine a concentração de amoníaco não ionizado na solução mais diluída.  
Apresente todas as etapas de resolução.
- 14.2. Considere uma solução aquosa de amoníaco, de concentração  $0,10 \text{ mol dm}^{-3}$ , cujo pH, a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , é 11,1.  
Verifique que a ordem de grandeza da constante de basicidade do  $\text{NH}_3(\text{aq})$ , à mesma temperatura, é  $10^{-5}$ .  
Apresente todas as etapas de resolução.
- 14.3. Escreva a equação química que traduz a reação do ião  $\text{NH}_4^+(\text{aq})$  com a água.  
Identifique, nessa reação, os pares conjugados ácido-base.
15. A reação de ionização do ácido fluorídrico em água pode ser traduzida por
- $$\text{HF}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{F}^-(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$$
- 15.1. Considere que se dilui 100 vezes uma solução de ácido fluorídrico,  $\text{HF}(\text{aq})$ , de concentração  $27,8 \text{ mol dm}^{-3}$ . O pH da solução diluída é 1,87, a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ .  
Calcule a percentagem de ácido não ionizado na solução diluída de ácido fluorídrico.  
Apresente todas as etapas de resolução.
- 15.2. Conclua, justificando, como varia a quantidade de ácido fluorídrico não ionizado se a uma solução deste ácido forem adicionadas, a temperatura constante, algumas gotas de uma solução concentrada de um ácido forte.

Nota: item com conteúdos de Química de 11.º ano (Equilíbrio químico)

16. O ácido sulfídrico,  $\text{H}_2\text{S}(\text{aq})$ , é um ácido diprótico muito fraco, cuja ionização global em água ocorre em duas etapas sucessivas.

A primeira etapa da ionização ocorre em muito maior extensão do que a segunda e pode ser traduzida por



A constante de acidez do  $\text{H}_2\text{S}(\text{aq})$ , definida para a reação anterior, é  $1,32 \times 10^{-7}$ , a  $25^\circ\text{C}$ .

- 16.1. Considere  $250,0 \text{ cm}^3$  de uma solução de ácido sulfídrico cujo pH, a  $25^\circ\text{C}$ , é 3,94.

Determine a quantidade de ácido sulfídrico não ionizado que existe naquele volume de solução, considerando apenas a contribuição da reação acima indicada para a ionização do ácido em água.

Apresente todas as etapas de resolução.

- 16.2. O ião sulfureto,  $\text{S}^{2-}(\text{aq})$ , é a base conjugada da espécie  $\text{HS}^-(\text{aq})$  na reação que corresponde à segunda etapa da ionização do ácido sulfídrico em água.

A reação entre o ião  $\text{S}^{2-}(\text{aq})$  e a água pode ser traduzida por



17. O ácido sulfúrico,  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ , é um ácido diprótico que se ioniza em água em duas etapas sucessivas, traduzidas por



Na primeira etapa de ionização, o  $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$  comporta-se como um ácido forte, podendo considerar-se a sua ionização completa. Na segunda etapa, a espécie  $\text{HSO}_4^-(\text{aq})$  comporta-se como um ácido fraco.

- 17.1. Identifique um par conjugado de ácido-base nas reações acima representadas.

- 17.2. O pH de uma solução aquosa de ácido sulfúrico é determinado pela concentração hidrogeniônica total, que depende da contribuição das duas etapas de ionização – a concentração hidrogeniônica resultante da segunda etapa é adicionada à concentração resultante da primeira.

Considere uma solução aquosa de ácido sulfúrico de concentração  $0,010 \text{ mol dm}^{-3}$  na qual a concentração de equilíbrio final da espécie  $\text{HSO}_4^-(\text{aq})$  é  $3,5 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$ .

Determine o pH da solução aquosa de ácido sulfúrico, a  $25^\circ\text{C}$ .

Apresente todas as etapas de resolução.

18. O cianeto de hidrogénio dissolve-se em água, dando origem ao ácido cianídrico,  $\text{HCN}(\text{aq})$ , um ácido monoprotónico fraco, cuja constante de acidez é  $4,9 \times 10^{-10}$ , a  $25\text{ }^\circ\text{C}$ .

A reação do ácido cianídrico com a água pode ser traduzida por



- 18.1. Escreva a equação química que traduz a reação do ião cianeto,  $\text{CN}^-(\text{aq})$ , com a água.

Refira, justificando, se esse ião se comporta, nessa reação, como um ácido ou como uma base segundo Brønsted-Lowry.

- 18.2. O ácido nitroso,  $\text{HNO}_2(\text{aq})$ , é outro ácido monoprotónico fraco, cuja constante de acidez é  $4,5 \times 10^{-4}$ , a  $25\text{ }^\circ\text{C}$ .

A reação do ácido nitroso com a água pode ser traduzida por



- 18.2.1. Comparando, em termos das respetivas ordens de grandeza, a força do ácido nitroso com a força do ácido cianídrico, conclui-se que o ácido nitroso é cerca de

- (A)  $10^6$  vezes mais forte do que o ácido cianídrico.
- (B)  $10^4$  vezes mais forte do que o ácido cianídrico.
- (C)  $10^6$  vezes mais fraco do que o ácido cianídrico.
- (D)  $10^4$  vezes mais fraco do que o ácido cianídrico.

- 18.2.2. Considere uma solução de ácido nitroso cujo pH, a  $25\text{ }^\circ\text{C}$ , é 2,72.

Determine a concentração inicial de  $\text{HNO}_2$  na solução, à mesma temperatura.

Apresente todas as etapas de resolução.

19. O ácido acético,  $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$ , é um ácido monoprotónico fraco, cuja ionização em água pode ser traduzida por



- 19.1. Nesta reação, podem ser identificados dois pares conjugados de ácido-base, segundo a teoria de Brønsted-Lowry.

O que é uma base conjugada de um ácido de Brønsted-Lowry?

- 19.2. Considere uma solução aquosa de ácido acético de concentração  $0,100\text{ mol dm}^{-3}$ , à qual foi sendo adicionada uma solução aquosa de hidróxido de sódio,  $\text{NaOH}(\text{aq})$ .

A tabela seguinte apresenta os valores de pH, a  $25\text{ }^\circ\text{C}$ , da solução inicial e das soluções resultantes das adições efetuadas, em função do volume total de  $\text{NaOH}(\text{aq})$  adicionado.

Volume total de NaOH (aq) / cm <sup>3</sup>	pH
0,00	2,88
10,00	4,16
25,00	4,76
40,00	5,36
50,00	8,73

**19.2.1.** Determine a percentagem de ácido acético não ionizado na solução inicial. Apresente todas as etapas de resolução.

**19.2.2.** Quando o volume total de NaOH (aq) adicionado é 40,00 cm<sup>3</sup>, verifica-se que a concentração hidrogeniônica, em relação ao valor inicial, diminui cerca de

(A) duas vezes.

(B) três vezes.

(C) trezentas vezes.

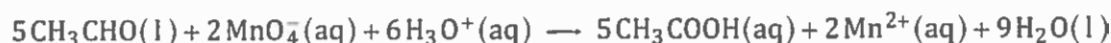
(D) mil vezes.

**19.2.3.** O ácido acético é um ácido fraco e, assim, a sua ionização em água ocorrerá em pequena extensão.

Conclua, justificando com base no princípio de Le Châtelier, se a ionização deste ácido em água é favorecida pela adição de NaOH (aq).

*Nota:* item com conteúdos de Química de 11.º ano (Equilíbrio químico)

**19.3.** O ácido acético pode formar-se a partir do etanal, CH<sub>3</sub>CHO, segundo uma reação que pode ser traduzida por



Na reação considerada, o número de oxidação do manganês (Mn)

(A) aumenta, atuando o ião permanganato (MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>) como redutor.

(B) aumenta, atuando o ião permanganato (MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>) como oxidante.

(C) diminui, atuando o ião permanganato (MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>) como redutor.

(D) diminui, atuando o ião permanganato (MnO<sub>4</sub><sup>-</sup>) como oxidante.



20. O ácido metanoico,  $\text{HCOOH}$  ( $M = 46,03 \text{ g mol}^{-1}$ ), também conhecido por ácido fórmico, é um ácido monoprotico fraco (a sua constante de acidez é  $1,7 \times 10^{-4}$ , a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ ) cuja ionização em água pode ser traduzida por



- 20.1. Quantos elétrons de valência existem, no total, na molécula de ácido metanoico?

Nota: item de Química de 10.º ano (Propriedades e transformações da matéria)

- 20.2. Naquela reação, estão envolvidos dois pares conjugados ácido-base, segundo Brønsted-Lowry.

Segundo Brønsted-Lowry, o que é um par conjugado ácido-base?

- 20.3. Admita que quer preparar  $250,0 \text{ cm}^3$  de uma solução aquosa de ácido metanoico cujo pH, a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , deverá ser 3,20.

Calcule a massa de ácido metanoico que terá de ser utilizada para preparar aquela solução.

Apresente todas as etapas de resolução.

21. Quando o iodeto de hidrogénio gasoso se dissolve em água, origina uma solução aquosa de ácido iodídrico,  $\text{HI}(\text{aq})$ , um ácido forte.

Para determinar a concentração de uma solução de ácido iodídrico, titulou-se  $25,00 \text{ cm}^3$  de uma solução desse ácido com uma solução de hidróxido de sódio,  $\text{NaOH}(\text{aq})$ , de concentração  $0,10 \text{ mol dm}^{-3}$ , usando um indicador apropriado.

A reação que ocorre na titulação considerada pode ser traduzida por



Na tabela seguinte, estão registados os volumes de titulante gastos, em três ensaios diferentes, até à mudança de cor do indicador.

Ensaio	1	2	3
Volume de titulante / $\text{cm}^3$	40,10	40,20	40,20

O valor mais provável do volume de titulante gasto até à mudança de cor do indicador é  $40,17 \text{ cm}^3$ .

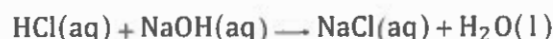
- 21.1. Qual é a incerteza absoluta de observação, na titulação realizada?

- 21.2. Calcule a concentração da solução de ácido iodídrico.

Comece por calcular a quantidade de  $\text{NaOH}$  adicionada até à mudança de cor do indicador.

Apresente todas as etapas de resolução.

22. O ácido clorídrico,  $\text{HCl}(\text{aq})$ , é um dos ácidos mais utilizados em laboratórios de Química. Em solução aquosa, o ácido clorídrico,  $\text{HCl}(\text{aq})$ , reage com o hidróxido de sódio,  $\text{NaOH}(\text{aq})$ . Esta reação pode ser traduzida pela seguinte equação química:



- 22.1. Considere que se fez reagir  $25,0 \text{ cm}^3$  de ácido clorídrico, de concentração  $0,100 \text{ mol dm}^{-3}$ , com um determinado volume de uma solução aquosa de hidróxido de sódio, contendo  $1,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$  de  $\text{NaOH}$ .  
Calcule o pH da solução resultante, sabendo que o volume total desta solução é  $35,0 \text{ cm}^3$ .  
Apresente todas as etapas de resolução.
- 22.2. Numa atividade laboratorial, um grupo de alunos realizou uma titulação, com o objetivo de determinar a concentração de uma solução aquosa de hidróxido de sódio,  $\text{NaOH}(\text{aq})$ .  
Nesta titulação, foram titulados  $36,0 \text{ cm}^3$  de solução aquosa de hidróxido de sódio, tendo-se usado como titulante ácido clorídrico de concentração  $0,20 \text{ mol dm}^{-3}$ .  
Determine a massa de  $\text{NaOH}$  ( $M = 40,00 \text{ g mol}^{-1}$ ) que existia nesse volume de solução aquosa de hidróxido de sódio, sabendo que se gastaram  $18,0 \text{ cm}^3$  de ácido clorídrico até ao ponto de equivalência da titulação.  
Apresente todas as etapas de resolução.
23. Nos laboratórios de Química é frequente a utilização de soluções de hidróxido de sódio,  $\text{NaOH}(\text{aq})$ .
- 23.1. O hidróxido de sódio,  $\text{NaOH}$ , é uma base que, em solução aquosa, se encontra  
(A) totalmente ionizada.  
(B) parcialmente ionizada.  
(C) parcialmente dissociada.  
(D) totalmente dissociada.
- 23.2. Titulou-se uma solução contendo  $0,328 \text{ g}$  de um ácido monoprótico forte com uma solução aquosa de hidróxido de sódio,  $\text{NaOH}(\text{aq})$ , de concentração  $0,200 \text{ mol dm}^{-3}$ .  
O volume de  $\text{NaOH}(\text{aq})$  gasto até ao ponto de equivalência da titulação foi  $16,40 \text{ cm}^3$ .  
Determine a massa molar do ácido monoprótico em solução.  
Apresente todas as etapas de resolução.

24. O ácido acético,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , apresenta um cheiro muito característico, sendo um componente dos vinagres. É também um ácido correntemente usado em laboratório.

24.1. A reação de ionização do ácido acético em água é uma reação incompleta, que pode ser representada por



24.1.1. Constituem um par conjugado ácido-base, naquela reação,

- (A)  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  e  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- (B)  $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$  e  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$
- (C)  $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$  e  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- (D)  $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$  e  $\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$

24.1.2. Dissolvendo  $5,00 \times 10^{-2}$  mol de ácido acético, em água, para um volume total de solução igual a  $0,500 \text{ dm}^3$ , obtém-se uma solução cujo pH é igual a 2,88, a  $25^\circ\text{C}$ .

Calcule a concentração de ácido acético não ionizado, na solução obtida.

Apresente todas as etapas de resolução.

24.2. O grau de acidez de um vinagre é expresso em termos da massa de ácido acético, em gramas, existente em  $100 \text{ cm}^3$  desse vinagre.

Para determinar o grau de acidez de um vinagre comercial, começou por se diluir esse vinagre 10 vezes, obtendo-se um volume total de  $100,0 \text{ cm}^3$ . Em seguida, fez-se a titulação da solução diluída de vinagre, com uma solução de hidróxido de sódio,  $\text{NaOH}$ , de concentração conhecida.

24.2.1. Qual é o material de laboratório necessário para efetuar, com rigor, a diluição acima referida?

- (A) Proveta de  $10,0 \text{ mL}$ , pipeta de  $100,0 \text{ mL}$ , pompete.
- (B) Balão volumétrico de  $100,0 \text{ mL}$ , pipeta de  $10,0 \text{ mL}$ , pompete.
- (C) Proveta de  $100 \text{ mL}$ , pipeta de  $10,0 \text{ mL}$ , pompete.
- (D) Balão volumétrico de  $10,0 \text{ mL}$ , pipeta de  $100,0 \text{ mL}$ , pompete.

24.2.2. Desprezando a contribuição de outros ácidos presentes no vinagre, a titulação efetuada permitiu determinar a concentração de ácido acético,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ( $M = 60,06 \text{ g mol}^{-1}$ ), na solução diluída de vinagre, tendo-se obtido o valor  $7,8 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$ .

Calcule o grau de acidez do vinagre comercial utilizado.

Apresente todas as etapas de resolução.

Nota: item com conteúdos de Química de 11.º ano (Equilíbrio químico)

25. O lítio reage com a água, sendo a reação traduzida por



25.1. A reação do lítio com a água é uma reação completa, o que implica que

- (A) ambos os reagentes se esgotem no decurso da reação.
- (B) a quantidade dos produtos formados seja igual à quantidade inicial dos reagentes.
- (C) a massa dos produtos formados seja igual à massa inicial dos reagentes.
- (D) pelo menos um dos reagentes se esgote no decurso da reação.

Nota: item de Química de 11.º ano (Equilíbrio químico)

25.2. Na reação considerada, o lítio \_\_\_\_\_, atuando como \_\_\_\_\_.

- (A) oxida-se ... redutor
- (B) oxida-se ... oxidante
- (C) reduz-se ... redutor
- (D) reduz-se ... oxidante

25.3. Numa tina contendo  $200 \text{ cm}^3$  de água, fez-se reagir um pequeno pedaço de lítio. No final da reação, verificou-se que, a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ , o pH da solução resultante era 13,27.

Determine o volume, medido nas condições normais de pressão e de temperatura, de  $\text{H}_2 \text{(g)}$  que se terá formado na reação.

Admita que o volume da solução resultante é igual ao volume inicial de água.

Apresente todas as etapas de resolução.

26. Considere uma amostra A de água da chuva, que apresenta um valor de pH igual a 5,6, à temperatura de  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Qual é o pH de uma amostra B de água da chuva, poluída, cuja concentração em iões  $\text{H}^+$  é 100 vezes maior do que a que existe na amostra A, à mesma temperatura?

- (A) 2,0                      (B) 2,6                      (C) 3,6                      (D) 7,6

27. A elevada acidez da água da chuva, registada em diversos locais da Terra, é atribuída à emissão para a atmosfera de dióxido de enxofre,  $\text{SO}_2 \text{(g)}$ , e de óxidos de nitrogénio. Existem várias fontes de  $\text{SO}_2$  atmosférico, entre as quais as erupções vulcânicas e a queima de combustíveis fósseis em diversas atividades humanas.

Também a extração de alguns metais, a partir dos respetivos minérios, é uma importante fonte, de natureza antropogénica, de emissão daquele gás para a atmosfera. Por exemplo, a obtenção de zinco, a partir do sulfureto de zinco,  $\text{ZnS (s)}$ , envolve, numa primeira fase, a reação deste composto com o oxigénio atmosférico. Nesta reação, forma-se óxido de zinco,  $\text{ZnO (s)}$ , e dióxido de enxofre,  $\text{SO}_2 \text{(g)}$ . Estima-se que sejam libertados para a atmosfera cerca de  $6 \times 10^{10} \text{ kg}$  de  $\text{SO}_2 \text{(g)}$  em cada ano.

Chang, R., *Química*, McGrawHill, 8.ª ed., 2005 (adaptado)

- 27.1. O  $\text{H}_2\text{S}$  (g) libertado pelos vulcões reage, a temperaturas elevadas, com o oxigénio do ar, formando-se dióxido de enxofre,  $\text{SO}_2$  (g), e água,  $\text{H}_2\text{O}$  (g).

Escreva a equação química que traduz esta reação e justifique o facto de a emissão de  $\text{SO}_2$  (g) para a atmosfera contribuir para o aumento da acidez da água da chuva.

- 27.2. O número aproximado de moléculas de  $\text{SO}_2$  (g) libertadas para a atmosfera, por ano, pode ser calculado pela expressão

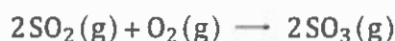
(A)  $\frac{6 \times 10^{10} \times 10^3 \times 64,07}{6,02 \times 10^{23}}$       (B)  $\frac{6 \times 10^{10} \times 64,07}{6,02 \times 10^{23} \times 10^3}$

(C)  $\frac{6 \times 10^{10} \times 10^3 \times 6,02 \times 10^{23}}{64,07}$       (D)  $\frac{6 \times 10^{10} \times 6,02 \times 10^{23}}{10^3 \times 64,07}$

Nota: item de Química de 10.º ano (Elementos químicos e sua organização)

- 27.3. Escreva a equação química que traduz a reação referida no segundo parágrafo do texto.

- 27.4. A reação do  $\text{SO}_2$  (g) com o oxigénio na atmosfera pode ser traduzida por



Nesta reação, o número de oxidação do enxofre varia

- (A) de + 2 para + 3      (B) de + 4 para + 6  
(C) de - 4 para - 6      (D) de - 2 para - 3
- 27.5. Considere uma amostra de  $\text{SO}_2$  (g) com metade do volume de uma amostra de  $\text{SO}_3$  (g), nas mesmas condições de pressão e de temperatura.

Comparando com a amostra de  $\text{SO}_3$  (g), a amostra de  $\text{SO}_2$  (g) contém

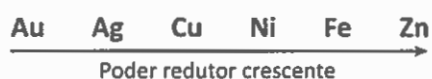
- (A) o dobro do número total de átomos.  
(B) metade do número total de átomos.  
(C) o dobro do número de átomos de enxofre.  
(D) um terço do número de átomos de oxigénio.

Nota: item de Química de 10.º ano (Propriedades e transformações da matéria)

28. Os efeitos corrosivos da água do mar, responsáveis pela deterioração dos metais, podem ser observados em moedas antigas encontradas no fundo do mar.

Considere uma moeda de cobre (Cu) e uma moeda de ouro (Au).

Indique, justificando com base na informação fornecida a seguir, qual das moedas terá sofrido corrosão em maior extensão.

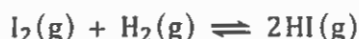


29. A combustão completa do metano,  $\text{CH}_4$ , pode ser representada por



O número de oxidação do carbono, na transformação da espécie  $\text{CH}_4$  na espécie  $\text{CO}_2$ , varia de

- (A) + 4 para - 4      (B) - 4 para + 4      (C) + 4 para + 2      (D) - 4 para - 2
30. O iodo,  $\text{I}_2$ , reage com o hidrogénio,  $\text{H}_2$ , em fase gasosa, formando-se iodeto de hidrogénio,  $\text{HI}$  (g). A reação pode ser traduzida por



Na reação de formação do  $\text{HI}$  considerada, a variação do número de oxidação do iodo é \_\_\_\_\_, sendo a espécie  $\text{I}_2$  o agente \_\_\_\_\_.

- (A) + 1 .. oxidante      (B) - 1 ... oxidante      (C) +1 ... redutor      (D) -1 ... redutor
31. A reação de síntese do amoníaco pode ser traduzida por



Nessa reação, o número de oxidação do nitrogénio varia de

- (A) + 2 para + 1  
 (B) + 2 para - 1  
 (C) 0 para - 3  
 (D) 0 para + 3
32. Considere a reação traduzida por
- $$\text{Cl}_2(\text{g}) + 2\text{Na}(\text{s}) \longrightarrow 2\text{NaCl}(\text{s})$$
- Nesta reação, o cloro atua como
- (A) oxidante, oxidando-se.  
 (B) oxidante, reduzindo-se.  
 (C) redutor, reduzindo-se.  
 (D) redutor, oxidando-se.
33. O hidrogénio utilizado nos balões meteorológicos pode ser produzido a partir da reação entre o hidreto de cálcio sólido,  $\text{CaH}_2$  (s), e a água líquida, formando-se hidróxido de cálcio sólido,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (s), e hidrogénio gasoso,  $\text{H}_2$  (g).

- 33.1. Escreva a equação química que traduz a reação acima descrita.

Nota: item de Química de 11.º ano (Equilíbrio químico)

- 33.2. O número de oxidação do cálcio no hidreto de cálcio é

- (A) +2      (B) +1      (C) -2      (D) -1

34. O ácido sulfídrico,  $\text{H}_2\text{S}(\text{aq})$ , é um ácido diprótico muito fraco.

34.1. O mau cheiro de uma solução contendo  $\text{H}_2\text{S}(\text{aq})$  pode ser removido pela adição de cloro,  $\text{Cl}_2(\text{aq})$ , a essa solução. A reação que ocorre é traduzida por



Nesta reação, o agente redutor é o

- (A)  $\text{H}_2\text{S}(\text{aq})$  que é oxidado pelo  $\text{Cl}_2(\text{aq})$ .
- (B)  $\text{Cl}_2(\text{aq})$  que é oxidado pelo  $\text{H}_2\text{S}(\text{aq})$ .
- (C)  $\text{H}_2\text{S}(\text{aq})$  que é reduzido pelo  $\text{Cl}_2(\text{aq})$ .
- (D)  $\text{Cl}_2(\text{aq})$  que é reduzido pelo  $\text{H}_2\text{S}(\text{aq})$ .

34.2. A reação do ácido sulfídrico com a água pode ser traduzida por

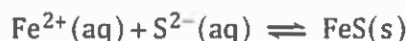


A constante de acidez do  $\text{H}_2\text{S}(\text{aq})$ , definida para a reação anterior, é  $6,8 \times 10^{-23}$ , a  $25^\circ\text{C}$ .

34.2.1. A uma dada temperatura, o ácido sulfídrico

- (A) ioniza-se tanto mais quanto menor for o pH do meio.
- (B) ioniza-se tanto mais quanto maior for o pH do meio.
- (C) dissocia-se tanto mais quanto maior for o pH do meio.
- (D) dissocia-se tanto mais quanto menor for o pH do meio.

34.2.2. O sulfureto de ferro,  $\text{FeS}$ , é um sal bastante insolúvel em água, cujo produto de solubilidade é  $6,3 \times 10^{-18}$ , a  $25^\circ\text{C}$ . A precipitação deste sal, em solução aquosa, pode ser traduzida por



Admita que se pretende precipitar sulfureto de ferro a partir de uma solução que contém 4,47 g de ião  $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$  ( $M = 55,85 \text{ g mol}^{-1}$ ) por  $\text{dm}^3$ , utilizando ácido sulfídrico de concentração  $0,10 \text{ mol dm}^{-3}$ , que é mantida constante ao longo da reação.

Determine a concentração hidrogeniônica necessária para que o sulfureto de ferro possa precipitar.

Apresente todas as etapas de resolução.

35. A solubilidade do  $\text{NaCl}$  em água, a  $25^\circ\text{C}$ , é igual a 36,0 g  $\text{NaCl}/100 \text{ g H}_2\text{O}$ .

Adicionando 90,0 g de  $\text{NaCl}(\text{s})$  a 250 g de água, a  $25^\circ\text{C}$ , obtém-se uma solução \_\_\_\_\_ naquele composto, \_\_\_\_\_ sólido depositado no fundo do recipiente.

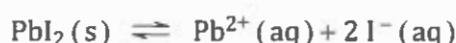
- (A) saturada ... sem
- (B) insaturada ... sem
- (C) saturada ... com
- (D) insaturada ... com

36. O produto de solubilidade do hidróxido de cálcio,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , a  $25\text{ }^\circ\text{C}$ , é  $8,0 \times 10^{-6}$ .

Qual é a concentração de iões  $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$  numa solução saturada de hidróxido de cálcio, a  $25\text{ }^\circ\text{C}$ ?

- (A)  $1,3 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$   
(B)  $2,0 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$   
(C)  $1,4 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$   
(D)  $2,0 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$
37. O iodeto de chumbo,  $\text{PbI}_2$ , é um sal pouco solúvel em água, cujo produto de solubilidade,  $K_s$ , é  $9,8 \times 10^{-9}$ , a  $25\text{ }^\circ\text{C}$ .

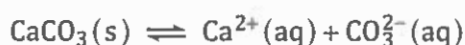
O equilíbrio que se estabelece entre o sal sólido e os iões resultantes da dissolução do sal em água pode ser traduzido por



Qual é a solubilidade do iodeto de chumbo em água, a  $25\text{ }^\circ\text{C}$ ?

- (A)  $1,3 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$   
(B)  $4,9 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$   
(C)  $2,1 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$   
(D)  $9,9 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$
38. As conchas dos organismos marinhos são constituídas, maioritariamente, por carbonato de cálcio,  $\text{CaCO}_3$ .

- 38.1. O carbonato de cálcio resulta de uma reação de precipitação entre os iões cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e os iões carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) presentes na água. Entre o precipitado e os iões em solução estabelece-se um equilíbrio que é traduzido por



A constante de produto de solubilidade do carbonato de cálcio em água, à temperatura de  $25\text{ }^\circ\text{C}$ , é  $8,7 \times 10^{-9}$ .

Qual é a solubilidade desse sal, à mesma temperatura?

- (A)  $4,4 \times 10^{-9} \text{ mol dm}^{-3}$   
(B)  $1,7 \times 10^{-8} \text{ mol dm}^{-3}$   
(C)  $7,6 \times 10^{-17} \text{ mol dm}^{-3}$   
(D)  $9,3 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$



- 38.2.** O carbonato de cálcio dissolve-se em meio ácido, devido a uma reação química que pode ser traduzida por



Considere que se quer fazer reagir um conjunto de conchas marinhas, exclusivamente constituídas por  $\text{CaCO}_3$  ( $M = 100,1 \text{ g mol}^{-1}$ ), com  $7,5 \text{ dm}^3$  de uma solução aquosa de um ácido forte, cuja concentração hidrogeniônica é  $0,80 \text{ mol dm}^{-3}$ .

Calcule a massa de conchas que é possível dissolver nas condições referidas.

Apresente todas as etapas de resolução.

**Nota:** item com conteúdos de Química de 11.º ano (Equilíbrio químico)

- 39.** O magnésio é um metal valioso, usado, como metal estrutural leve, em ligas, em baterias e em sínteses químicas. Apesar de o magnésio ser abundante na crosta terrestre, é mais barato retirar este metal da água do mar. O método de obtenção do magnésio a partir da água do mar implica a utilização de calcário e de ácido clorídrico e envolve três tipos de reações: reações de precipitação, de ácido-base e de oxidação-redução.

Raymond Chang, *Química*, 5.ª ed., Lisboa, McGraw-Hill Portugal, 1994, p. 124 (adaptado)

- 39.1.** Numa primeira fase, o calcário é aquecido a altas temperaturas, de modo a obter-se óxido de cálcio,  $\text{CaO}$ , que, quando tratado com água do mar, forma hidróxido de cálcio,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

**39.1.1.** O hidróxido de cálcio dissolve-se em água,

- (A) ionizando-se completamente.
- (B) dissociando-se completamente.
- (C) ionizando-se parcialmente.
- (D) dissociando-se parcialmente.

**39.1.2.** Preveja, justificando, se o pH da água do mar utilizada no tratamento de uma amostra de óxido de cálcio,  $\text{CaO}(\text{s})$ , aumenta, diminui ou se mantém constante.

**Nota:** item com conteúdos de Química de 11.º ano (Equilíbrio químico)



**39.3.2.** Admita que se fez reagir 100 moles de  $\text{Mg(OH)}_2$  com HCl em excesso e que se obteve 50 moles de  $\text{MgCl}_2$ .

A reação pode considerar-se completa, uma vez que

- (A) um dos reagentes se esgotou.
- (B) o rendimento foi inferior a 100%.
- (C) ambos os reagentes se esgotaram.
- (D) o rendimento foi igual a 100%.

*Nota:* item de Química de 11.º ano (Equilíbrio químico)

**39.4.** Numa última fase, depois da evaporação da água, o cloreto de magnésio sólido é fundido numa cuba de aço. O cloreto de magnésio fundido contém iões  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Cl}^-$ . Faz-se então passar uma corrente elétrica através da cuba para reduzir os iões  $\text{Mg}^{2+}$  e oxidar os iões  $\text{Cl}^-$ .

Escreva a equação química que traduz a reação de oxidação-redução relativa à redução dos iões  $\text{Mg}^{2+}$  e à oxidação dos iões  $\text{Cl}^-$ , considerando que a oxidação dos iões  $\text{Cl}^-$  origina uma substância diatómica.

- 40.** O cloreto de prata,  $\text{AgCl}$ , é um sal cujo produto de solubilidade é, a 25 °C,  $1,8 \times 10^{-10}$ .  
Numa solução aquosa contendo iões  $\text{Ag}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , a 25 °C, formar-se-á um precipitado de  $\text{AgCl}$ , se
- (A) as concentrações daqueles iões forem inferiores à solubilidade do  $\text{AgCl}$ .
  - (B) as concentrações daqueles iões forem iguais à solubilidade do  $\text{AgCl}$ .
  - (C) o produto das concentrações daqueles iões for superior a  $1,8 \times 10^{-10}$ .
  - (D) o produto das concentrações daqueles iões for inferior a  $1,8 \times 10^{-10}$ .
- 41.** A solubilidade do cloreto de potássio,  $\text{KCl}$ , em água, é 35,54 g de sal por 100 g de água, a 25 °C. Considere uma solução saturada de  $\text{KCl}$  constituída apenas por este sal e por água.  
Determine a quantidade de  $\text{KCl}$  dissolvida em 250 g dessa solução, a 25 °C.  
Apresente todas as etapas de resolução.
- 42.** As águas naturais contendo  $\text{CO}_2$  dissolvido, ao infiltrarem-se no solo, atravessam diversas camadas rochosas, tornando-se geralmente ricas em sais provenientes da dissolução dos minerais existentes nessas rochas.  
Quando as águas naturais, ligeiramente ácidas, entram em contacto com rochas calcárias, compostas principalmente por carbonato de cálcio em combinação com algum carbonato de magnésio, os iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) reagem com os carbonatos, daí resultando bicarbonatos relativamente solúveis: a água transforma-se numa solução bicarbonatada, que é, com frequência, fracamente alcalina. Esta é a «água dura» que causa o entupimento das canalizações e a formação de incrustações calcárias nas caldeiras.

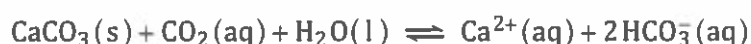
Philip Ball, *H<sub>2</sub>O – Uma Biografia da Água*, Temas e Debates, 2002 (adaptado)

42.1. Quando águas naturais, ligeiramente ácidas, entram em contacto com rochas calcárias, a concentração dessas águas em iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) \_\_\_\_\_ e o seu pH \_\_\_\_\_.

- (A) aumenta ... aumenta                      (B) aumenta ... diminui  
(C) diminui ... aumenta                      (D) diminui ... diminui

42.2. A dureza total de uma água é um parâmetro normalmente relacionado com as concentrações dos iões cálcio,  $\text{Ca}^{2+}$ , e dos iões magnésio,  $\text{Mg}^{2+}$ , nela contidos.

Considere que a dissolução do carbonato de cálcio,  $\text{CaCO}_3$ , por ação de uma água contendo  $\text{CO}_2$  dissolvido pode ser representada por



Refira, justificando, com base na reação acima representada, de que modo a presença de uma quantidade apreciável de  $\text{CO}_2$  dissolvido pode alterar a dureza da mesma água.

43. Com o objetivo de determinar a concentração de uma solução de hidróxido de sódio,  $\text{NaOH}$  (aq), um grupo de alunos realizou uma atividade laboratorial.

Os alunos começaram por diluir a solução inicial de hidróxido de sódio cinco vezes. Em seguida, titularam  $10,0 \text{ cm}^3$  da solução diluída com uma solução padrão de ácido clorídrico,  $\text{HCl}$  (aq), de pH 0,60, tendo gasto  $15,20 \text{ cm}^3$  desta solução até ao ponto final da titulação, detetado com um indicador adequado.

43.1. Refira o nome do instrumento de medida utilizado para medir com rigor o volume da solução de  $\text{NaOH}$  a titular.

43.2. A reação que ocorre pode ser representada por



Determine a concentração da solução inicial de  $\text{NaOH}$ .

Apresente todas as etapas de resolução.

43.3. A escolha inadequada do indicador, que geralmente é adicionado à solução que se encontra \_\_\_\_\_, conduz a uma diminuição de \_\_\_\_\_ na determinação da concentração do titulado.

- (A) no erlenmeyer ... precisão  
(B) no erlenmeyer ... exatidão  
(C) na bureta ... precisão  
(D) na bureta ... exatidão

43.4. Suponha que, em vez de um indicador, os alunos utilizavam um sensor de pH, o que lhes permitiria obter o gráfico do pH em função do volume de titulante (curva de titulação).

Apresente o esboço da curva de titulação que seria obtida pelos alunos, assinalando o pH no ponto de equivalência.

44. Com o objetivo de determinar a concentração de uma solução de ácido clorídrico, HCl(aq), um grupo de alunos tituló 50,00 cm<sup>3</sup> dessa solução com uma solução padrão de hidróxido de sódio, NaOH(aq), de concentração 1,00 × 10<sup>-1</sup> mol dm<sup>-3</sup>.

A reação que ocorre pode ser traduzida por



Os alunos gastaram 24,60 cm<sup>3</sup> da solução padrão de NaOH até ao ponto final da titulação.

- 44.1. Qual é o instrumento que deve ser utilizado para, de forma regular e controlada, adicionar ao titulado pequenos volumes da solução padrão de NaOH?

(A) Bureta. (B) Pipeta.

(C) Balão de erlenmeyer. (D) Proveta.

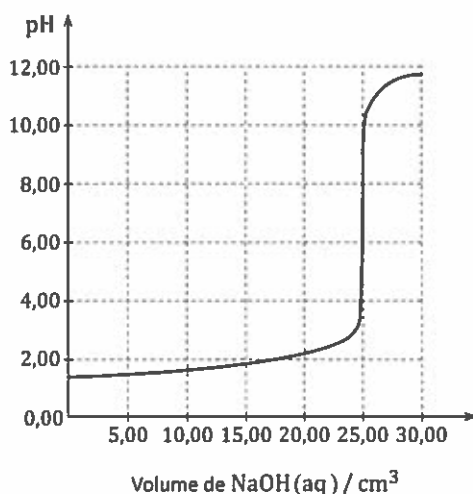
- 44.2. Calcule a concentração, em mol dm<sup>-3</sup>, da solução de HCl.

Comece por calcular a quantidade de NaOH adicionada até ao ponto final da titulação.

Apresente todas as etapas de resolução.

- 44.3. Depois de terem realizado a titulação e determinado a concentração da solução de ácido clorídrico, o professor disse aos alunos que a solução de HCl que tinham utilizado era uma solução padrão.

Na figura, está representada a curva teórica da titulação de 50,00 cm<sup>3</sup> dessa solução padrão de HCl com uma solução padrão de NaOH 1,00 × 10<sup>-1</sup> mol dm<sup>-3</sup>.



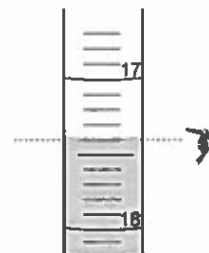
Apresente uma expressão numérica que permita calcular o erro relativo, em percentagem, cometido pelos alunos na medição do volume de titulante gasto até ao ponto final da titulação.

45. A concentração de uma solução de um ácido pode ser determinada, experimentalmente, através de uma titulação com uma solução padrão de hidróxido de sódio, NaOH (aq).

45.1. Admita que, para efetuar uma titulação de uma solução de um ácido, se começou por encher uma bureta de 50 mL com uma solução padrão de NaOH, aferindo-se o nível de líquido com o zero da escala.

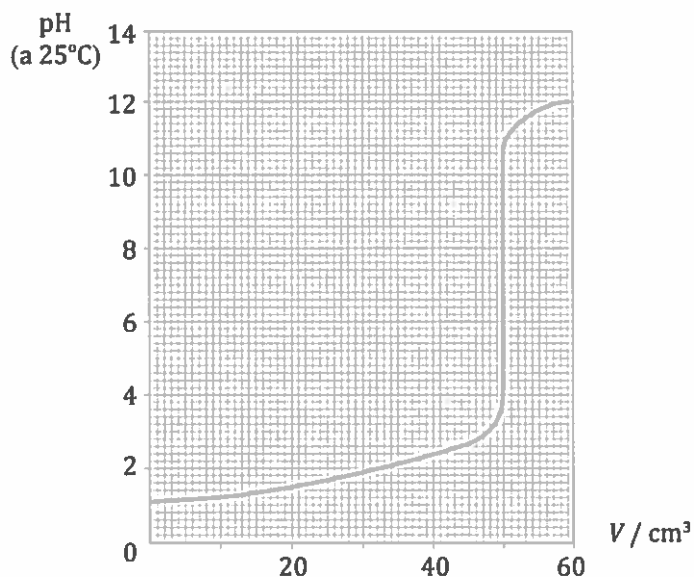
Na figura está representado o nível de titulante na bureta num determinado ponto da titulação.

Qual é o resultado da medição do volume de titulante gasto até àquele ponto da titulação?



- (A)  $(18,60 \pm 0,05) \text{ cm}^3$
- (B)  $(17,40 \pm 0,05) \text{ cm}^3$
- (C)  $(17,4 \pm 0,1) \text{ cm}^3$
- (D)  $(18,6 \pm 0,1) \text{ cm}^3$

45.2. A figura seguinte representa a curva de titulação de  $25,00 \text{ cm}^3$  de uma solução aquosa de ácido sulfúrico,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (aq), com uma solução padrão de NaOH, de concentração  $0,10 \text{ mol dm}^{-3}$ , podendo a reação que ocorre ser representada por



Determine a concentração da solução de ácido sulfúrico, partindo do volume de titulante adicionado até ao ponto de equivalência da titulação.

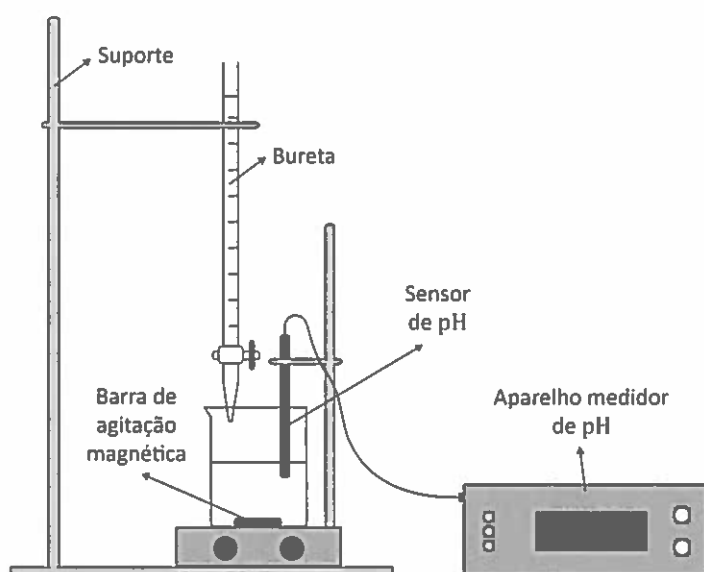
Apresente todas as etapas de resolução.

46. A reação que ocorre na titulação de uma solução aquosa de ácido clorídrico com uma solução aquosa de hidróxido de sódio pode ser traduzida por



Com o objetivo de obter a curva da titulação ácido-base, um grupo de alunos efetuou a titulação de uma amostra de uma solução aquosa de ácido clorídrico,  $\text{HCl} (\text{aq})$ , com uma solução aquosa de hidróxido de sódio,  $\text{NaOH} (\text{aq})$ .

Na figura, está representada uma montagem semelhante à que foi utilizada pelos alunos na referida titulação.



No início da titulação, o copo continha  $50,0 \text{ cm}^3$  de uma solução aquosa de  $\text{HCl}$ , de concentração  $2,00 \times 10^{-4} \text{ mol}$  por  $1,00 \text{ cm}^3$  de solução.

A concentração da solução aquosa de  $\text{NaOH}$ , utilizada como solução titulante, era  $0,400 \text{ mol dm}^{-3}$ .

- 46.1. O que se designa por curva de titulação?
- 46.2. Que volume de solução de  $\text{NaOH}$  deverá ter sido adicionado à solução de  $\text{HCl}$  até ao ponto de equivalência da titulação?
- (A)  $25,0 \text{ cm}^3$   
(B)  $20,0 \text{ cm}^3$   
(C)  $0,500 \text{ cm}^3$   
(D)  $2,00 \text{ cm}^3$

- 46.3. No ponto de equivalência da titulação,
- (A) existirá uma quantidade de iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) superior à de iões  $\text{OH}^-$  (aq).
- (B) não existirá qualquer quantidade de iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) nem de iões  $\text{OH}^-$  (aq).
- (C) existirão quantidades iguais de iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) e de iões  $\text{OH}^-$  (aq).
- (D) existirá uma quantidade de iões  $\text{OH}^-$  (aq) superior à de iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq).

- 46.4. Para obter a curva de titulação, é necessário continuar a adicionar a solução titulante depois de atingido o ponto de equivalência da titulação.

Considere que, à solução inicial de HCl, foi adicionado um volume total de  $40,0 \text{ cm}^3$  de solução de NaOH, admitindo-se, assim, que o volume total da solução resultante era  $90,0 \text{ cm}^3$ .

Determine o pH, a  $25^\circ\text{C}$ , da solução resultante.

Apresente todas as etapas de resolução.

47. O poder redutor de diversos metais pode ser comparado a partir dos resultados de algumas experiências simples.

- 47.1. Para comparar o poder redutor dos metais manganês (Mn), ferro (Fe), prata (Ag) e chumbo (Pb), adicionou-se um pequeno pedaço de cada um destes metais a várias soluções aquosas, cada uma contendo iões positivos de um desses mesmos metais, em concentrações semelhantes.

A tabela seguinte apresenta os resultados obtidos.

Metal \ ião metálico	$\text{Mn}^{2+}$	$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Ag}^+$	$\text{Pb}^{2+}$
<b>Mn</b>	—	Há reação	Há reação	Há reação
<b>Fe</b>	Não há reação	—	Há reação	Há reação
<b>Ag</b>	Não há reação	Não há reação	—	Não há reação
<b>Pb</b>	Não há reação	Não há reação	Há reação	—

Indique qual dos metais tem menor poder redutor.



- 47.2. Colocaram-se pequenos pedaços de zinco (Zn) em cada uma de duas soluções aquosas contendo catiões metálicos em concentrações semelhantes: uma solução de sulfato de cobre (II),  $\text{CuSO}_4$ , e uma solução de nitrato de magnésio,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ .

Os resultados obtidos encontram-se na tabela seguinte.

Catião metálico Metal	$\text{Cu}^{2+}$	$\text{Mg}^{2+}$
Zn	Houve reação e formou-se um depósito sobre o zinco, apresentando este metal um aspecto bastante corroído. A solução inicial era azul e, no final, ficou praticamente incolor.	Não houve reação

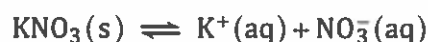
- 47.2.1. A semirreação de redução que ocorre pode ser traduzida por



- 47.2.2. Qual dos três metais (Zn, Cu, Mg) apresenta maior poder redutor?

48. O nitrato de potássio,  $\text{KNO}_3$ , é um sal inorgânico muito solúvel em água.

O equilíbrio que se estabelece entre o sal sólido e os iões resultantes da dissolução do sal em água pode ser traduzido por



- 48.1. Considere que se prepara uma solução aquosa de  $\text{KNO}_3$  por dissolução do soluto sólido.

- 48.1.1. O intervalo de tempo necessário à dissolução completa do  $\text{KNO}_3(\text{s})$

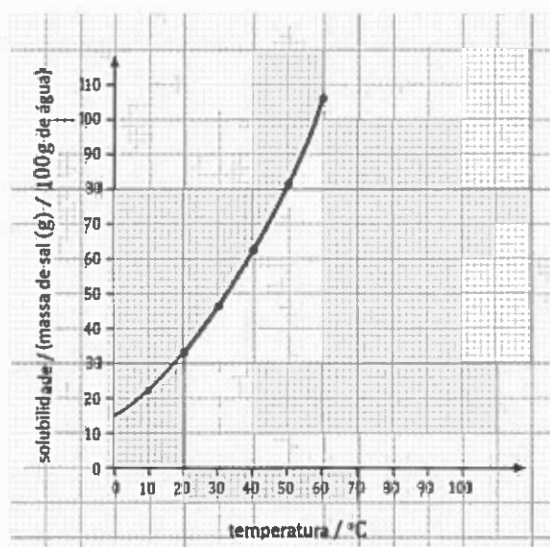
- (A) não depende do estado de divisão do sólido, nem da agitação da solução.  
 (B) não depende do estado de divisão do sólido, mas depende da agitação da solução.  
 (C) depende do estado de divisão do sólido e da agitação da solução.  
 (D) depende do estado de divisão do sólido, mas não depende da agitação da solução.

- 48.1.2. Admita que a solução aquosa de  $\text{KNO}_3$  preparada é uma solução saturada e que  $s$  é a solubilidade do  $\text{KNO}_3$  em água, expressa em  $\text{mol dm}^{-3}$ , à temperatura a que se encontra a solução.

Qual é a relação entre a solubilidade,  $s$ , e as concentrações dos iões  $\text{K}^+(\text{aq})$  e  $\text{NO}_3^-(\text{aq})$ , também expressas em  $\text{mol dm}^{-3}$ , nessa solução?

- (A)  $s = \sqrt{[\text{K}^+]} = \sqrt{[\text{NO}_3^-]}$       (B)  $s = [\text{K}^+]^2 = [\text{NO}_3^-]^2$   
 (C)  $s = \frac{[\text{K}^+]}{2} = \frac{[\text{NO}_3^-]}{2}$       (D)  $s = [\text{K}^+] = [\text{NO}_3^-]$

- 48.2. Na figura, está representada a curva que traduz a solubilidade do  $\text{KNO}_3$  em água, expressa em massa de sal, em gramas (g), por 100 g de água, em função da temperatura.



- 48.2.1. Que massa, em gramas (g), de  $\text{KNO}_3$  é possível dissolver em 50 g de água à temperatura de 40 °C?
- 48.2.2. Considere que, ao fazer o estudo experimental da solubilidade do  $\text{KNO}_3$  em água em função da temperatura, um grupo de alunos obteve o valor de 55 g de  $\text{KNO}_3$  por 100 g de água à temperatura de 30 °C.  
Determine o erro relativo, em percentagem, deste valor experimental.  
Apresente todas as etapas de resolução.
- 48.2.3. Conclua, justificando, se a dissolução do  $\text{KNO}_3$  (s) em água é um processo endotérmico ou um processo exotérmico.

---

# **RESOLUÇÕES**

## **FÍSICA 10.º ANO**

**DOMÍNIO ÚNICO:**  
**Energia e sua conservação**

**SUBDOMÍNIO:**  
**Energia e movimentos**

---

- 1.1. (A)  $E_{pB} = mgh_B = mg \frac{h}{3} = \frac{1}{3} mgh = \frac{1}{3} E_{pA}$
- 1.2. (D) Entre as posições A e B o elevador cai livremente, pelo que a energia mecânica do sistema *elevador / passageiros + Terra* se mantém constante.
- 1.3. (D) Sendo a força gravítica uma força conservativa, o trabalho por ela realizado é sempre simétrico da variação da energia potencial gravítica do sistema ( $W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_p$ ). Por outro lado, a força gravítica é sempre vertical com sentido de cima para baixo. Como, na situação considerada, o elevador está a descer, o ângulo entre o vetor força gravítica e o vetor deslocamento é nulo, pelo que a força gravítica realiza um trabalho positivo ( $W_{\vec{F}_g} = F_g d \cos \alpha$ ).
- 2.1. (A) O peso é uma força conservativa de intensidade constante que, na situação considerada, é anulada pela força de reacção normal exercida pelo plano, mas esses factos (opções (B), (C) e (D)) não explicam que o trabalho seja nulo. Por outro lado, o peso tem sempre direcção vertical, pelo que, na situação considerada, é perpendicular ao deslocamento do carrinho ( $\alpha = 90^\circ$ ). Assim,  $W_{\vec{p}} = P d \cos \alpha \Rightarrow W_{\vec{p}} = P d \cos 90^\circ = 0$ .
- 2.2. (D) O trabalho realizado pela força  $\vec{F}$  é uma medida da energia transferida para o carrinho:  $E_{transferida} = W_{\vec{F}} = F d \cos \alpha$ . Como o deslocamento,  $d$ , do carrinho e a intensidade da força  $\vec{F}$  são iguais nas quatro situações, apenas o ângulo,  $\alpha$ , entre a direcção da força e o deslocamento influencia a energia transferida para o carrinho. De  $0^\circ$  até  $90^\circ$  o cosseno do ângulo diminui à medida que o ângulo aumenta, pelo que a energia transferida será maior na situação em que o ângulo for menor.
3. (A)  $W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_p \Leftrightarrow W_{\vec{F}_g} = -(mgh_t - mgh_i) \Leftrightarrow W_{\vec{F}_g} = -mg(h_t - h_i) \Rightarrow W_{\vec{F}_g} = -2,0 \times 10^3 mg$
- 4.1. (D)  $W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_p \Leftrightarrow W_{\vec{F}_g} = -(mgh_B - mgh_A) \Leftrightarrow W_{\vec{F}_g} = -mg(h_B - h_A)$ . A última expressão mostra que o trabalho realizado pela força gravítica que atua no balão depende do desnível entre as posições A e B ( $h_B - h_A$ ) e não do módulo da velocidade do balão. Como o balão está a subir,  $h_B > h_A$ , logo,  $W_{\vec{F}_g} < 0$ .
- 4.2. (A) O balão sobe na atmosfera com velocidade constante, pelo que são nulas quer a variação da energia cinética do balão entre as posições A e B, quer a resultante das forças que atuam no balão. A soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam no balão também é, assim, nula ( $W = \Delta E_c = 0$ ).
- 5.1. Intensidade da resultante das forças aplicadas no carrinho.
- 5.2. Na situação considerada, a energia cinética do carrinho mantém-se constante, uma vez que o carrinho se move com velocidade constante, mas a energia potencial gravítica do sistema *carrinho + Terra* não se mantém constante (aumenta), uma vez que a altura a que o carrinho se encontra não se mantém constante.
- Sendo a energia mecânica a soma das energias cinética e potencial gravítica, conclui-se que não existe conservação da energia mecânica do sistema *carrinho + Terra* quando o carrinho sobe a rampa com velocidade constante.

6.1. (B) No trajeto AB o carrinho desce o plano inclinado, pelo que a energia potencial gravítica do sistema *carrinho + Terra* diminui e a variação da energia potencial gravítica desse sistema é negativa ( $\Delta E_p = mgh_f - mgh_i$ , pelo que  $\Delta E_p < 0$ ). Como  $W_{\vec{p}} = -\Delta E_p$ , o trabalho realizado pelo peso do carrinho é positivo.

6.2. • Determinação da variação de energia cinética do carrinho entre as posições A e B:

$$m = 500 \text{ g} = 0,500 \text{ kg}$$

$$\Delta E_c = E_{c_B} - E_{c_A}$$

$$v_A = 0 \Rightarrow E_{c_A} = 0 \text{ logo, } \Delta E_c = \frac{1}{2} m v_B^2 - 0 \Leftrightarrow \Delta E_c = \frac{1}{2} m v_B^2$$

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} \times 0,500 \times 0,980^2 = 0,2401 \text{ J}$$

• Determinação da intensidade da resultante das forças que atuam no carrinho no percurso considerado:

A soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam num corpo, num determinado intervalo de tempo, é igual à variação da energia cinética do centro de massa do corpo, no mesmo intervalo de tempo, pelo que  $W = \Delta E_c$ .

Como  $W = F d \cos \alpha$ , tem-se que

$$0,2401 = F \times 1,65 \times \cos 0^\circ \Leftrightarrow F = \frac{0,2401}{1,65} = 1,46 \times 10^{-1} \text{ N}$$

6.3. (B) Como, no ponto B, o valor da velocidade medido experimentalmente foi inferior ao valor calculado aplicando a lei da conservação da energia mecânica, conclui-se que não houve conservação da energia mecânica do sistema. O carrinho partiu do repouso e passou no ponto B com uma velocidade de módulo  $0,980 \text{ m s}^{-1}$ , pelo que a sua energia cinética aumentou entre os pontos A e B. No entanto, esse aumento foi inferior ao esperado, pelo que a energia mecânica do sistema *carrinho + Terra* no ponto B foi também inferior à prevista pela aplicação da lei da conservação da energia mecânica. Ocorreu, assim, uma diminuição da energia mecânica do sistema.

7.1. (B) Sendo desprezáveis todas as forças dissipativas, pode admitir-se que a energia mecânica do sistema se mantém constante no percurso considerado. Assim,  $E_{m_A} = E_{m_B}$  e, como no ponto A a velocidade do carrinho é nula, tem-se  $E_{pA} = E_{cB} + E_{pB} \Leftrightarrow E_{pA} = \frac{1}{2} m v_B^2 + mgh_B$ .

7.2. • Determinação da variação de energia cinética do carrinho entre as posições A e B:

$$m = 500 \text{ g} = 0,500 \text{ kg}$$

$$\Delta E_c = E_{c_B} - E_{c_A}$$

$$v_A = 0 \Rightarrow E_{c_A} = 0 \text{ logo, } \Delta E_c = \frac{1}{2} m v_B^2 - 0 \Leftrightarrow \Delta E_c = \frac{1}{2} m v_B^2$$

$$\Delta E_c = \frac{1}{2} \times 0,500 \times 1,38^2 = 0,4761 \text{ J}$$

- Determinação da intensidade da resultante das forças que atuam no carrinho no percurso considerado:

A soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam num corpo, num determinado intervalo de tempo, é igual à variação da energia cinética do centro de massa do corpo, no mesmo intervalo de tempo, pelo que  $W = \Delta E_c$ .

Como  $W = F d \cos \alpha$ , tem-se que  $0,4761 = F \times 1,10 \times \cos 0^\circ \Leftrightarrow F = \frac{0,4761}{1,10} = 4,33 \times 10^{-1} \text{ N}$

- 7.3.** Como as forças de atrito são desprezáveis, a energia mecânica do sistema mantém-se constante no trajeto considerado.

Sendo o carrinho abandonado no ponto A, a sua velocidade nesse ponto é nula, pelo que a energia cinética do carrinho nesse ponto também é nula. Por outro lado, a velocidade do carrinho no ponto de altura máxima na rampa de maior inclinação é necessariamente nula, pelo que a energia cinética do carrinho é igual nos dois pontos considerados.

Havendo conservação de energia mecânica e sendo a energia cinética do carrinho igual nos dois pontos considerados, conclui-se que a energia potencial gravítica do sistema também é igual nesses dois pontos, ou seja, conclui-se que a altura máxima atingida pelo carrinho na rampa de maior inclinação é igual à altura a que se encontra o carrinho no ponto em que é largado.

- 8.1.** Aceleração.

- 8.2. (C)** Se as forças dissipativas forem totalmente eliminadas, há conservação da energia mecânica do sistema *carrinho + Terra*, pelo que  $E_{m_i} = E_{m_f}$ , ou seja,  $mgh_i + \frac{1}{2}mv_i^2 = mgh_f + \frac{1}{2}mv_f^2$ . Dividindo toda a equação por  $m$  e sabendo que a velocidade inicial,  $v_i$ , do carrinho é nula (o carrinho foi abandonado), tem-se  $gh_i = gh_f + \frac{1}{2}v_f^2 \Leftrightarrow gh_i - gh_f = \frac{1}{2}v_f^2 \Leftrightarrow v_f^2 = 2g(h_i - h_f) \Rightarrow v_f = \sqrt{2g(h_i - h_f)}$ . Esta expressão mostra que o módulo da velocidade com que o carrinho passa no ponto mais baixo é independente da massa do carrinho. Mostra, ainda, que o módulo dessa velocidade é diretamente proporcional à raiz quadrada de  $g$  e à raiz quadrada do desnível entre o ponto de partida e o ponto mais baixo da trajetória.

- 8.3. (A)** O peso é uma força conservativa, pelo que o trabalho realizado pelo peso é independente do caminho percorrido entre a posição inicial e a posição final. Assim, o trabalho realizado pelo peso do carrinho é independente do comprimento da linha de carris (opção **(A)** verdadeira) e independente do número de vezes que o carrinho atinge o ponto mais alto (opção **(B)** falsa). Sendo o peso uma força conservativa,  $W_{\vec{p}} = -\Delta E_p \Leftrightarrow W_{\vec{p}} = -(mgh_f - mgh_i)$ . Esta expressão mostra que o trabalho do peso não é independente da massa do carrinho (opção **(C)** falsa), nem depende da intensidade das forças dissipativas que atuem no carrinho (opção **(D)** falsa).

- 8.4.** No ponto de partida, a energia cinética do carrinho é nula e, assim, nesse ponto, a energia mecânica do sistema *carrinho + Terra* será igual à energia potencial gravítica desse sistema.

Nas montanhas-russas reais, atuam sobre o carrinho forças dissipativas que, à medida que o carrinho se desloca sobre a montanha-russa, provocam uma diminuição da energia mecânica do sistema *carrinho + Terra*.

Assim, em cada subida subsequente, o carrinho atingirá o ponto mais alto (com velocidade nula) a uma altura inferior à do ponto de partida, uma vez que o sistema *carrinho + Terra* terá uma energia mecânica inferior à inicial e, conseqüentemente, uma energia potencial gravítica inferior à do ponto de partida.

9.1. (A)  $E_c = \frac{1}{2} mv^2 \Leftrightarrow v^2 = \frac{2E_c}{m} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2E_c}{m}}$ . Esta última expressão mostra que o módulo da velocidade é diretamente proporcional à raiz quadrada da energia cinética. Assim, se a energia cinética num ponto for o quádruplo da energia cinética noutro ponto, o módulo da velocidade será o dobro uma vez que  $\sqrt{4} = 2$ .

9.2. (D) O desnível entre os pontos A e B ( $18\text{ m} - 9\text{ m} = 9\text{ m}$ ) é igual ao desnível entre os pontos B e C, pelo que o trabalho realizado pela força gravítica que atua no carrinho é igual entre os pontos A e B e entre os pontos B e C (relembrar que  $W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_p \Leftrightarrow W_{\vec{F}_g} = -(mgh_f - mgh_i) \Leftrightarrow W_{\vec{F}_g} = -mg(h_f - h_i)$ ). Entre os pontos A e C o carrinho está a descer a rampa, pelo que o ângulo entre o vetor força gravítica e o vetor deslocamento é inferior a  $90^\circ$  e o trabalho realizado pela força gravítica é positivo ( $W_{\vec{F}_g} = F_g d \cos \alpha$ ; sendo  $\alpha < 90^\circ$  então  $W_{\vec{F}_g} > 0$ ). Entre os pontos C e D o carrinho desloca-se sobre uma superfície horizontal ( $\alpha = 90^\circ$ ), pelo que o trabalho realizado pela força gravítica é nulo ( $W_{\vec{F}_g} = F_g d \cos \alpha \Rightarrow W_{\vec{F}_g} = F_g d \cos 90^\circ = 0$ ).

9.3. ▀ Determinação da energia mecânica do sistema *carrinho + Terra* no ponto A:

$$E_{m_A} = E_{c_A} + E_{p_A} \Leftrightarrow E_{m_A} = \frac{1}{2} mv_A^2 + mgh_A$$

$$E_{m_A} = \frac{1}{2} \times 600 \times 10^2 + 600 \times 10 \times 18 = 1,38 \times 10^5 \text{ J}$$

▀ Determinação da variação da energia mecânica do sistema no percurso CD:

Como, entre os pontos A e C, a soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas que atuam no carrinho é desprezável, a energia mecânica do sistema *carrinho + Terra* no ponto C é igual à energia mecânica desse sistema no ponto A.

$$E_{m_C} = E_{m_A} = 1,38 \times 10^5 \text{ J}$$

Como o carrinho se imobiliza no ponto D, situado ao nível do solo, a energia mecânica do sistema *carrinho + Terra* é nula nesse ponto. Assim, a variação da energia mecânica do sistema no percurso CD será

$$\Delta E_m = E_{m_D} - E_{m_C} = 0 - 1,38 \times 10^5 \text{ J} = -1,38 \times 10^5 \text{ J}$$

▀ Determinação da intensidade da resultante das forças de travagem que atuam no carrinho, entre C e D:

$$W_{\vec{F}_{\text{NC}}} = \Delta E_m \Rightarrow W_{\vec{F}_{\text{NC}}} = -1,38 \times 10^5 \text{ J}$$

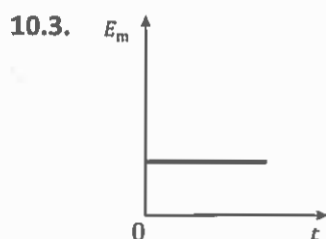
$$W_{\vec{F}_{\text{NC}}} = W_{F_{\text{travagem}}} + W_{F_{\text{Normal}}} = W_{F_{\text{travagem}}} + 0 = W_{F_{\text{travagem}}}$$

$$W_{F_{\text{travagem}}} = F_{\text{travagem}} d \cos 180^\circ$$

$$-1,38 \times 10^5 = F_{\text{travagem}} \times 13 \times (-1) \Leftrightarrow F_{\text{travagem}} = \frac{-1,38 \times 10^5}{13 \times (-1,00)} = 1,1 \times 10^4 \text{ N}$$

10.1. (C)  $W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_p \Leftrightarrow W_{\vec{F}_g} = -(mgh_B - mgh_A) \Leftrightarrow W_{\vec{F}_g} = mg(h_A - h_B)$ . Como  $h_A - h_B = h$ , tem-se  $W_{\vec{F}_g} = mgh$

- 10.2. (D) A soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam no paralelepípedo é igual à variação da energia cinética do centro de massa do paralelepípedo ( $W = \Delta E_c$ ). Assim,  $W = \frac{1}{2}mv_B^2 - \frac{1}{2}mv_A^2$ .  
Como o paralelepípedo é abandonado na posição A,  $v_A = 0$ , pelo que  $W = \frac{1}{2}mv_B^2$ .



- 10.4. • Cálculo da altura a que o ponto A se encontra do solo,  $h_A$ :

Sendo desprezáveis todas as forças dissipativas, a energia mecânica do sistema mantém-se constante no trajeto considerado.

$$E_{m_A} = E_{m_{\text{solo}}} \Leftrightarrow E_{p_A} + E_{c_A} = E_{p_{\text{solo}}} + E_{c_{\text{solo}}}$$

$$v_A = 0 \Rightarrow E_{c_A} = 0 \quad \text{e} \quad h_{\text{solo}} = 0 \Rightarrow E_{p_{\text{solo}}} = 0$$

$$m g h_A = \frac{1}{2} m v_{\text{solo}}^2 \Leftrightarrow \frac{m g h_A}{m} = \frac{\frac{1}{2} m v_{\text{solo}}^2}{m} \Leftrightarrow g h_A = \frac{1}{2} v_{\text{solo}}^2$$

$$10 h_A = \frac{1}{2} \times 4,5^2 \Leftrightarrow h_A = 1,01 \text{ m}$$

- Cálculo da altura  $h$  a que a posição A se encontra em relação ao tampo da mesa:

$$h = h_A - 0,80 \quad h = 1,01 - 0,80 = 0,21 \text{ m}$$

- 10.5. (A) Como as forças dissipativas são desprezáveis, há conservação da energia mecânica dos sistemas *paralelepípedo + Terra* entre a posição A e o solo:  $E_{m_i} = E_{m_f}$ , ou seja,  $mgh_i + \frac{1}{2}mv_i^2 = mgh_f + \frac{1}{2}mv_f^2$ . Dividindo toda a equação por  $m$ , substituindo  $v_i$  por zero (os paralelepípedos foram abandonados em A) e  $h_f$  por zero (os paralelepípedos chegam ao solo, nível de referência da energia potencial gravítica), obtém-se  $gh_i = \frac{1}{2}v_f^2 \Leftrightarrow v_f^2 = 2gh_i \Rightarrow v_f = \sqrt{2gh_i}$ .

Esta expressão mostra que a velocidade com que os paralelepípedos chegam ao solo não depende das respetivas massas, mas apenas da altura a que são abandonados. Como os paralelepípedos são abandonados à mesma altura, chegam ao solo com a mesma velocidade. Mas a energia mecânica dos sistemas depende da sua massa ( $E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2}mv_f^2$ ), pelo que o paralelepípedo de maior massa chega ao solo com maior energia mecânica.

- 11.1. • Determinação da energia mecânica inicial do sistema *automóvel + Terra*:

$$E_{m_i} = E_{c_i} + E_{p_i} \Leftrightarrow E_{m_i} = \frac{1}{2} m v_i^2 + m g h_i$$

$$E_{m_i} = \frac{1}{2} \times 1200 \times 0^2 + 1200 \times 10 \times 8,0 = 9,60 \times 10^4 \text{ J}$$



- Determinação da energia mecânica final do sistema *automóvel + Terra*:

$$v_f = 42 \text{ km h}^{-1} = \frac{42 \text{ km}}{1 \text{ h}} = \frac{42 \times 10^3 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = 11,7 \text{ m s}^{-1}$$

$$E_{m_f} = E_{c_f} + E_{p_f} \Leftrightarrow E_{m_f} = \frac{1}{2} m v_f^2 + m g h_f$$

$$E_{m_f} = \frac{1}{2} \times 1200 \times 11,7^2 + 1200 \times 10 \times 0 = 8,21 \times 10^4 \text{ J}$$

- Determinação da energia dissipada:

Energia dissipada = |variação da energia mecânica do sistema|

$$E_{\text{dissipada}} = |\Delta E_m| \Leftrightarrow E_{\text{dissipada}} = |E_{m_f} - E_{m_i}|$$

$$E_{\text{dissipada}} = |8,21 \times 10^4 \text{ J} - 9,60 \times 10^4 \text{ J}| \Leftrightarrow E_{\text{dissipada}} = 1,4 \times 10^4 \text{ J}$$

11.2. (B)  $W_{\vec{F}_R} = -\Delta E_p \Leftrightarrow W_{\vec{F}_R} = -(mgh_B - mgh_A) \Leftrightarrow W_{\vec{F}_R} = mg(h_A - h_B)$ .

Assim,  $W_{\vec{F}_R} = 1200 \times 10 \times 8,0 \text{ J}$ .

- 11.3. (A) A soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam num corpo é igual à variação da energia cinética do centro de massa desse corpo ( $W = \Delta E_c$ ). Assim,  $F d \cos \alpha = E_c - E_{c_A}$ , onde  $E_c$  representa a energia cinética do automóvel ao fim de percorrer a distância  $d$ . Como o automóvel parte do repouso na posição A,  $E_{c_A} = 0$ , pelo que  $F d \cos \alpha = E_c$ . Esta última expressão mostra que, permanecendo constantes  $F$  e  $\alpha$ , a energia cinética do automóvel é diretamente proporcional a  $d$ .

- 12.1. ▪ Determinação da energia mecânica inicial do sistema *automóvel - Terra*:

$$E_{m_i} = E_{c_i} + E_{p_i} \Leftrightarrow E_{m_i} = \frac{1}{2} m v_i^2 + m g h_i$$

$$E_{m_i} = \frac{1}{2} \times 1,20 \times 10^3 \times 25,0^2 + 1,20 \times 10^3 \times 10 \times 0 = 3,75 \times 10^5 \text{ J}$$

- Determinação da energia mecânica final do sistema *automóvel - Terra*:

$$E_{m_f} = E_{c_f} + E_{p_f} \Leftrightarrow E_{m_f} = \frac{1}{2} m v_f^2 + m g h_f$$

$$E_{m_f} = \frac{1}{2} \times 1,20 \times 10^3 \times 0^2 + 1,20 \times 10^3 \times 10 \times 4,8 = 5,76 \times 10^4 \text{ J}$$

- Determinação do trabalho realizado pela resultante das forças não conservativas que atuam sobre o automóvel, no percurso considerado:

Trabalho das forças não conservativas = variação da energia mecânica

$$W_{\vec{F}_{NC}} = \Delta E_m \quad W_{\vec{F}_{NC}} = 5,76 \times 10^4 \text{ J} - 3,75 \times 10^5 \text{ J} = -3,17 \times 10^5 \text{ J}$$

- Determinação da intensidade da resultante das forças não conservativas que atuam sobre o automóvel na direção do deslocamento, no percurso considerado:

$$W_{\vec{F}_{NC}} = F_{NC} d \cos \alpha$$

Como se admite que a resultante das forças não conservativas tem sentido contrário ao do movimento,  $\alpha = 180^\circ$ .

$$-3,17 \times 10^5 = F_{NC} \times 53,1 \times \cos 180^\circ \Leftrightarrow F_{NC} = \frac{-3,17 \times 10^5}{53,1 \times (-1,00)} = 6,0 \times 10^3 \text{ N}$$

12.2. (C) Se a intensidade das forças dissipativas que atuam sobre o automóvel fosse maior, o automóvel perderia energia mais rapidamente, pelo que iria percorrer uma menor distância sobre a rampa até parar. Consequentemente, a altura em relação ao solo a que o automóvel se imobilizaria seria menor e a variação da energia potencial gravítica do sistema *automóvel-Terra* seria também menor.

12.3. (A) A força gravítica é uma força conservativa, pelo que o trabalho por ela realizado num qualquer deslocamento só depende do desnível entre as posições inicial e final. Na situação considerada, o desnível é igual nas duas situações.

13.1. A força gravítica tem sempre direção vertical. Como o jipe se desloca sobre uma superfície horizontal, a direção da força gravítica aplicada no jipe é perpendicular à direção do deslocamento. Sendo  $W = F d \cos \alpha$  e  $\cos 90^\circ = 0$ , conclui-se que, na situação descrita, o trabalho realizado pela força gravítica aplicada no jipe é nulo.

13.2. • Determinação do trabalho realizado pela força potente, entre as posições A e B:

$$W_{\vec{F}_{\text{potente}}} = E_{\text{útil}} = P \Delta t, \text{ sendo, neste caso, } \Delta t = (3 \times 10) \text{ s} = 30 \text{ s}$$

$$W_{\vec{F}_{\text{potente}}} = 7,4 \times 10^2 \times 30 = 2,2 \times 10^4 \text{ J}$$

• Determinação do trabalho realizado pelas forças dissipativas, entre as posições A e B:

A imagem estroboscópica mostra que, no intervalo de tempo considerado, o jipe percorre, em linha reta, distâncias iguais em intervalos de tempo iguais, isto é, mostra que o jipe se desloca com velocidade constante, entre as posições A e B.

Sendo a velocidade constante, a variação de energia cinética é nula, concluindo-se que a soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam no jipe é nula, no deslocamento considerado.

$$W_{\vec{F}_{\text{potente}}} + W_{\vec{F}_{\text{dissipativas}}} + W_{\vec{F}_R} + W_{\vec{F}_N} = 0$$

$$\text{Como } W_{\vec{F}_R} = 0 \text{ e } W_{\vec{F}_N} = 0, \text{ tem-se } W_{\vec{F}_{\text{dissipativas}}} = -W_{\vec{F}_{\text{potente}}} = -2,2 \times 10^4 \text{ J}$$

14. • Determinação da variação de energia cinética da amostra entre as posições A e B:

$$m = 200 \text{ g} = 0,200 \text{ kg}$$

$$\Delta E_c = E_{c_B} - E_{c_A}$$

$$v_B = 0 \Rightarrow E_{c_B} = 0 \text{ logo, } \Delta E_c = 0 - \frac{1}{2} m v_A^2 \Leftrightarrow \Delta E_c = -\frac{1}{2} m v_A^2$$

$$\Delta E_c = -\frac{1}{2} \times 0,200 \times 0,50^2 = -2,50 \times 10^{-2} \text{ J}$$

• Determinação da variação da energia mecânica do sistema entre as posições A e B:

$$\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_p \quad \Delta E_m = (-2,50 \times 10^{-2} \text{ J}) + (-8,16 \times 10^{-2} \text{ J}) = -1,07 \times 10^{-1} \text{ J}$$

• Determinação da intensidade da força de atrito que atuou sobre a amostra no percurso considerado:

$$W_{\vec{F}_a} = \Delta E_m \text{ e } W_{\vec{F}_a} = F_a d \cos \alpha, \text{ sendo } d = 51 \text{ cm} = 0,51 \text{ m} \text{ e } \alpha = 180^\circ$$

$$-1,07 \times 10^{-1} = F_a \times 0,51 \times \cos 180^\circ \Leftrightarrow F_a = \frac{-1,07 \times 10^{-1}}{0,51 \times (-1,00)} = 2,1 \times 10^{-1} \text{ N}$$

**15.1. 1.ª Resolução**

- Determinação do módulo do deslocamento do balão no intervalo de tempo considerado:

O gráfico mostra que no intervalo de tempo  $[1,3 ; 1,7]$  s o módulo da velocidade do balão se manteve constante. Assim, o módulo do deslocamento do balão,  $\Delta y$ , pode ser calculado a partir da expressão  $\Delta y = v \Delta t$ .

$$\Delta y = v \Delta t \quad \Delta y = 1,7 \times (1,7 - 1,3) \quad \Leftrightarrow \quad \Delta y = 0,680 \text{ m}$$

- Cálculo do trabalho realizado pelo peso do balão no deslocamento considerado:

$$W_p = P d \cos \alpha \quad \Leftrightarrow \quad W_p = m g \Delta y \cos \alpha$$

$$m = 4,8 \text{ g} = 4,8 \times 10^{-3} \text{ kg} \quad \text{e} \quad \alpha = 0^\circ$$

$$W_p = 4,8 \times 10^{-3} \times 10 \times 0,680 \times \cos 0^\circ \quad \Leftrightarrow \quad W_p = 3,3 \times 10^{-2} \text{ J}$$

**2.ª Resolução**

- Determinação da variação da altura a que o balão se encontrava, no intervalo de tempo considerado:

No intervalo de tempo considerado, o balão deslocou-se 0,680 m (ver determinação deste valor na 1.ª resolução).

Como o balão desceu na vertical, a altura a que este se encontrava diminuiu 0,680 m, pelo que  $\Delta h = -0,680 \text{ m}$ .

- Cálculo do trabalho realizado pelo peso do balão no deslocamento considerado:

$$W_p = -\Delta E_p \quad \Leftrightarrow \quad W_p = -(m g h_f - m g h_i) \quad \Leftrightarrow \quad W_p = -m g \Delta h$$

$$W_p = -4,8 \times 10^{-3} \times 10 \times (-0,680) \quad \Leftrightarrow \quad W_p = 3,3 \times 10^{-2} \text{ J}$$

- 15.2. (A)** No início do intervalo de tempo considerado, a velocidade do balão aumentou a uma taxa temporal cada vez menor (a diminuição do declive da tangente à curva mostra que a aceleração diminuiu), acabando o balão por atingir uma velocidade de módulo constante (velocidade terminal), o que evidencia que a resistência do ar não foi desprezável. Assim, a energia mecânica do sistema *balão + Terra* nunca se manteve constante no intervalo de tempo considerado. No início desse intervalo de tempo, a energia cinética do balão aumentou menos do que o esperado pela lei da conservação da energia mecânica, acabando depois por se tornar constante. Por outro lado, a energia potencial gravítica do sistema *balão + Terra* diminuiu sempre no intervalo de tempo  $[0,4; 1,7]$  s, pois o balão estava a cair. Sendo  $E_m = E_p + E_c$ , a energia mecânica do sistema *balão + Terra*, diminuiu sempre.

- 15.3. (D)** De acordo com a expressão  $E_p = mgh$ , a energia potencial gravítica,  $E_p$ , é diretamente proporcional à altura em relação ao solo,  $h$ . Então o gráfico de  $E_p$  em função de  $h$  deve apresentar uma reta que passa pela origem do referencial.

16. No percurso considerado, a bola desce na vertical, percorrendo uma distância de  $50,0 \text{ cm} = 0,500 \text{ m}$ . Assim,  $\Delta h = -0,500 \text{ m}$ .

Afirmar que a bola percorre a distância considerada com velocidade terminal, significa que a bola percorre essa distância com velocidade de módulo constante. Assim, no percurso considerado, a energia cinética da bola manteve-se constante, pelo que,  $\Delta E_c = 0$ .

$$m = 4,0 \text{ g} = 4,0 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

### 1.ª Resolução

- Determinação da variação da energia potencial gravítica do sistema *bola + Terra*, no percurso considerado:

$$\Delta E_p = E_{p_f} - E_{p_i} \Leftrightarrow \Delta E_p = m g h_f - m g h_i \Leftrightarrow \Delta E_p = m g (h_f - h_i) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \Delta E_p = m g \Delta h \quad \Delta E_p = 4,0 \times 10^{-3} \times 10 \times (-0,500) \Leftrightarrow \Delta E_p = -2,00 \times 10^{-2} \text{ J}$$

- Determinação da energia dissipada pelo sistema *bola + Terra*, no percurso considerado:

A energia dissipada traduz-se numa diminuição da energia mecânica do sistema *bola + Terra*.

$$\Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_p \quad \Delta E_m = 0 + (-2,00 \times 10^{-2}) = -2,00 \times 10^{-2} \text{ J}$$

A energia mecânica do sistema diminui  $2,00 \times 10^{-2} \text{ J}$ , pelo que a energia dissipada é  $2,00 \times 10^{-2} \text{ J}$ .

### 2.ª Resolução:

- Determinação do trabalho realizado pela força gravítica que atua na bola, no percurso considerado:

$$W_{F_g} = F_g d \cos \alpha, \text{ sendo } F_g = m g \text{ e } \alpha = 0^\circ$$

$$W_{F_g} = 4,0 \times 10^{-3} \times 10 \times 0,500 \times \cos 0^\circ \Leftrightarrow W_{F_g} = 2,00 \times 10^{-2} \text{ J}$$

- Determinação da energia dissipada pelo sistema *bola + Terra*, no percurso considerado:

A bola cai sujeita apenas à força gravítica e à força de resistência do ar.

A variação da energia cinética da bola é nula, no deslocamento considerado, pelo que a soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam na bola é também nula, nesse deslocamento.

Assim,

$$W_{F_g} + W_{F_{\text{resistência ar}}} = 0$$

$$2,00 \times 10^{-2} + W_{F_{\text{resistência ar}}} = 0 \Leftrightarrow W_{F_{\text{resistência ar}}} = -2,00 \times 10^{-2} \text{ J}$$

Como a força de resistência do ar é a única força dissipativa a atuar no sistema, a energia dissipada é  $2,00 \times 10^{-2} \text{ J}$ .

### 17.1. (A)

- 17.2. (C) De acordo com a expressão  $E_p = mgh$ , a energia potencial gravítica,  $E_p$ , é diretamente proporcional à altura em relação ao solo,  $h$ . Então o gráfico de  $E_p$  em função de  $h$  deve apresentar uma reta que passa pela origem do referencial.

- 17.3. (C) Considerando que a resistência do ar é desprezável, a bola de ténis é apenas atuada pela força gravítica. Esta força tem sempre direção vertical e sentido de cima para baixo.

17.4. (A)  $W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_p \Leftrightarrow W_{\vec{F}_g} = -(mgh_f - mgh_i)$ , pelo que, sendo  $m = 57,0 \text{ g} = 57,0 \times 10^{-3} \text{ kg}$ ,

$$W_{\vec{F}_g} = -(57,0 \times 10^{-3} \times 10 \times 0,50 - 57,0 \times 10^{-3} \times 10 \times 1,0) = 2,85 \times 10^{-1} \text{ J}$$

17.5. (B) Havendo conservação da energia mecânica,  $\Delta E_c = -\Delta E_p$ . Como  $W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_p$ , tem-se

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

17.6. Como a resistência do ar é desprezável, a energia mecânica do sistema *bola + Terra* mantém-se constante no movimento considerado, ou seja, a soma das energias cinética e potencial gravítica mantém-se constante.

A energia potencial gravítica do sistema *bola + Terra* tem o mesmo valor quando a bola se encontra nas posições  $P_2$  e  $P_5$ , uma vez que estas posições se encontram à mesma altura do solo. Assim, a energia cinética da bola terá também o mesmo valor nas posições  $P_2$  e  $P_5$ .

18.1. (A)  $W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_p \Leftrightarrow W_{\vec{F}_g} = -(mgh_f - mgh_i) \Leftrightarrow W_{\vec{F}_g} = -mg(h_f - h_i)$ , pelo que

$$W_{\vec{F}_g} = -10m(0,94 - 1,70)$$

18.2. (C) Se a percentagem de energia dissipada for a mesma em todas as colisões com o solo, o quociente  $\frac{h_f}{h_i}$  será o mesmo para todos os ressalto. Assim,  $\frac{0,94 \text{ m}}{1,70 \text{ m}} = \frac{h_f}{0,94 \text{ m}} \Leftrightarrow h_f = 0,52 \text{ m}$ .

19.1. Os tempos de queda das bolas R e S são iguais.

19.2. (B) Como a resistência do ar é desprezável, há conservação da energia mecânica de cada um dos sistemas *bola + Terra*:  $E_{m_i} = E_{m_f}$ , ou seja,  $mgh_i + \frac{1}{2}mv_i^2 = mgh_f + \frac{1}{2}mv_f^2$ . Dividindo toda a equação por  $m$ , substituindo  $v_i$  por zero (as bolas foram abandonadas) e  $h_f$  por zero (as bolas chegam ao solo), obtém-se  $gh_i = \frac{1}{2}v_f^2 \Leftrightarrow v_f^2 = 2gh_i \Leftrightarrow v_f = \sqrt{2gh_i}$ . Esta expressão mostra que a velocidade com que as bolas chegam ao solo não depende das respetivas massas, mas apenas da altura a que são abandonadas. Como as bolas são abandonadas à mesma altura, chegam ao solo com a mesma velocidade. Mas a energia cinética depende da massa ( $E_{c_f} = \frac{1}{2}mv_f^2$ ), pelo que as bolas chegam ao solo com energias cinéticas diferentes.

19.3.1. (A) Considerando que não ocorreu dissipação de energia mecânica do sistema *bola + Terra*, quer no ressalto, quer no seu movimento no ar (resistência do ar desprezável), essa energia permanece constante. Assim, a bola ressalta até à altura em que foi abandonada ( $h_f = h_i$ ). Como  $W_{\vec{p}} = -\Delta E_p \Leftrightarrow W_{\vec{p}} = -(mgh_f - mgh_i) = -mg(h_f - h_i)$ , conclui-se que  $W_{\vec{p}} = 0$ .

19.3.2. 

20.1. • Determinação das alturas  $h_A$  e  $h_B$  :

Escala da figura – 1,00 cm : 0,20 m

Altura  $h_A$  na figura – 4,00 cm

$$\text{Altura } h_A \text{ real} - \frac{1,00 \text{ cm}}{0,20 \text{ m}} = \frac{4,00 \text{ cm}}{h_A} \Leftrightarrow h_A = 0,80 \text{ m}$$

Altura  $h_B$  na figura – 2,50 cm

$$\text{Altura } h_B \text{ real} - \frac{1,00 \text{ cm}}{0,20 \text{ m}} = \frac{2,50 \text{ cm}}{h_B} \Leftrightarrow h_B = 0,50 \text{ m}$$

1.ª Resolução

- Cálculo da percentagem da energia dissipada no segundo ressalto:

$$\frac{E_{p_B}}{E_{p_A}} = \frac{m g h_B}{m g h_A} \quad \frac{E_{p_B}}{E_{p_A}} = \frac{0,50}{0,80} = 0,625 \quad \Leftrightarrow \quad E_{p_B} = \frac{62,5}{100} \times E_{p_A}$$

Conclui-se que, neste ressalto, é conservada 62,5% da energia do sistema *bola + Terra*, sendo dissipada 37,5% da energia do sistema.

- Cálculo da altura,  $h$ , da qual a bola foi abandonada:

Como a percentagem de energia dissipada é a mesma em cada ressalto, no primeiro ressalto também foi dissipada 37,5% da energia do sistema, ou seja, foi conservada 62,5% da energia do sistema. Então a altura atingida pela bola após o primeiro ressalto (0,80 m) será 62,5% da altura da qual a bola foi abandonada.

$$0,625 \times h = 0,80 \quad \Leftrightarrow \quad h = 1,3 \text{ m}$$

2.ª Resolução:

- Cálculo da altura,  $h$ , da qual a bola foi abandonada:

Como a percentagem de energia dissipada é a mesma em cada ressalto:

$$\frac{E_{p_B}}{E_{p_A}} = \frac{E_{p_A}}{E_{p_{\text{inicial}}}}$$

$$\frac{m g h_B}{m g h_A} = \frac{m g h_A}{m g h} \Rightarrow \frac{h_B}{h_A} = \frac{h_A}{h} \Rightarrow h = \frac{h_A^2}{h_B}$$

$$h = \frac{0,80^2}{0,50} \Leftrightarrow h = 1,3 \text{ m}$$

20.2. Sendo desprezável a resistência do ar, em cada ressalto, a energia mecânica do sistema *bola + Terra* imediatamente antes da colisão com o solo é igual à energia mecânica desse sistema na posição em que iniciou a descida. Pelo mesmo motivo, também a energia mecânica do sistema *bola + Terra* imediatamente após a colisão com o solo é igual à energia mecânica desse sistema na posição de altura máxima atingida nesse ressalto, após a colisão.

Em cada ressalto, parte da energia mecânica do sistema é dissipada na colisão da bola com o solo. Assim, em cada ressalto, a energia mecânica do sistema *bola + Terra* após a colisão é inferior à energia mecânica desse sistema antes da colisão.

Nas posições de altura máxima, a energia cinética da bola é nula, pelo que a energia potencial gravítica do sistema *bola + Terra* é igual à energia mecânica do sistema. Sendo a energia mecânica do sistema, após cada colisão, sucessivamente menor, a energia potencial gravítica do sistema na posição de altura máxima e, conseqüentemente, a altura máxima são também sucessivamente menores.

21. • Determinação da energia mecânica do sistema quando o conjunto *ciclista + bicicleta* atinge a altura de 3,0 m:

$$E_m = E_c + E_p \Leftrightarrow E_m = \frac{1}{2} m v^2 + mgh$$

$$E_m = \frac{1}{2} \times 80 \times 3,5^2 + 80 \times 10 \times 3,0 = 2,89 \times 10^3 \text{ J}$$

• Determinação da variação da energia mecânica do sistema no percurso considerado:

$$\Delta E_m = E_{m_{\text{final}}} - E_{m_{\text{inicial}}} \quad E_{m_{\text{inicial}}} = E_{c_{\text{inicial}}} = 2,0 \times 10^3 \text{ J}$$

$$\Delta E_m = 2,89 \times 10^3 \text{ J} - 2,0 \times 10^3 \text{ J} = 8,90 \times 10^2 \text{ J}$$

• Determinação da intensidade das forças não conservativas que atuam no conjunto *ciclista + bicicleta*, na direção do deslocamento:

$$W_{\vec{F}_{\text{NC}}} = \Delta E_m \Rightarrow W_{\vec{F}_{\text{NC}}} = 8,90 \times 10^2 \text{ J}$$

$$W_{\vec{F}_{\text{NC}}} = F_{\text{NC}} d \cos \alpha$$

$$8,90 \times 10^2 = F_{\text{NC}} \times 68 \times \cos 0^\circ \Leftrightarrow F_{\text{NC}} = \frac{8,90 \times 10^2}{68 \times 1,0} = 13 \text{ N}$$

22.1. (D) A cabina do elevador está a subir, tanto no intervalo de tempo [0,0; 2,5] s, como no intervalo de tempo [40,0; 42,5] s, pelo que, nesses intervalos de tempo, o sentido do deslocamento é de baixo para cima. A força gravítica tem sempre sentido de cima para baixo, pelo que o ângulo entre essa força e o deslocamento é  $180^\circ$ , nos dois intervalos de tempo considerados.

Assim, em ambos os intervalos de tempo,  $W_{\vec{F}_g} = F_g d \cos \alpha \Rightarrow W_{\vec{F}_g} = F_g d \cos 180^\circ < 0$ .

22.2. No intervalo de tempo considerado, a energia cinética da cabina mantém-se constante, uma vez que o módulo da velocidade da cabina se mantém constante. Mas a energia potencial gravítica do sistema *cabina + Terra* aumenta nesse intervalo de tempo, uma vez que a cabina está a subir. Assim, sendo a energia mecânica a soma das energias cinética e potencial gravítica, conclui-se que não há conservação da energia mecânica do sistema considerado, no intervalo de tempo [2,5; 40,0] s.

- 22.3. (D) A soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas que atuam na cabina é igual à variação da energia mecânica do sistema *cabina + Terra*. No intervalo de tempo  $[0,0; 2,5]$  s a energia potencial gravítica do sistema *cabina + Terra* aumenta (a cabina está a subir) e a energia cinética da cabina aumenta (de acordo com o gráfico, o módulo da sua velocidade aumenta). Consequentemente, no intervalo de tempo  $[0,0; 2,5]$  s a energia mecânica do sistema *cabina + Terra* aumenta, pelo que a variação da energia mecânica é positiva e a soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas que atuam na cabina é positiva ((A) e (C) falsas). No intervalo de tempo  $[2,5; 40,0]$  s a energia potencial gravítica do sistema *cabina + Terra* aumenta (a cabina está a subir) e a energia cinética da cabina é constante (de acordo com o gráfico, o módulo da sua velocidade é constante). Consequentemente, no intervalo de tempo  $[2,5; 40,0]$  s a energia mecânica do sistema *cabina + Terra* aumenta, pelo que a variação da energia mecânica é positiva e a soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas que atuam na cabina é positiva ((B) falsa e (D) verdadeira).

- 22.4. ▪ Determinação do desnível entre a base do edifício e a plataforma panorâmica:

Na situação descrita, o desnível entre a base do edifício e a plataforma panorâmica é igual ao módulo do deslocamento da cabina entre essas duas posições. O módulo desse deslocamento pode ser determinado pela área do trapézio definido pela curva  $v(t)$  e pelo eixo do tempo.

$$\Delta h = \Delta y = \frac{\text{Base maior} + \text{base menor}}{2} \times \text{altura}$$

$$\Delta h = \frac{42,5 + (40,0 - 2,5)}{2} \times 3,0 \Leftrightarrow \Delta h = 120 \text{ m}$$

- Determinação da variação da energia potencial gravítica do sistema *ocupante + Terra* entre a base do edifício e a plataforma panorâmica:

$$\Delta E_p = mg\Delta h \quad \Delta E_p = 80 \times 10 \times 120 \Leftrightarrow \Delta E_p = 9,6 \times 10^4 \text{ J}$$

- 23.1. (A) O peso é uma força vertical. O conjunto A desloca-se sobre uma pista horizontal. Assim, o peso do conjunto é, na situação considerada, sempre perpendicular ao deslocamento efetuado, pelo que  $W_{\vec{p}} = mgd \cos 90^\circ = 0$ .

23.2. (C)  $E_{c,A} = E_{c,B} \Leftrightarrow \frac{1}{2} m_A v_A^2 = \frac{1}{2} m_B v_B^2 \Leftrightarrow \frac{1}{2} \left( \frac{3}{4} m_B \right) v_A^2 = \frac{1}{2} m_B v_B^2 \Leftrightarrow \frac{3}{4} v_A^2 = v_B^2 \Leftrightarrow v_A^2 = \frac{4}{3} v_B^2 \Rightarrow v_A = \sqrt{\frac{4}{3}} v_B$

- 24.1. (B) O trabalho realizado pelo peso do balão entre duas posições depende da massa do balão, do módulo da aceleração gravítica e do desnível entre essas posições ( $W_{\vec{p}} = -\Delta E_{pg} = -mg\Delta h$ ). Sendo desprezável a variação do módulo da aceleração gravítica com a altura em relação ao solo e sendo o desnível entre as posições A e B igual ao desnível entre as posições C e D, conclui-se que o trabalho realizado pelo peso do balão é igual nos dois percursos considerados.

- 24.2. (B)  $E_m = E_c + E_{pg} \Leftrightarrow E_m = E_c + mgh$ . A energia cinética do balão é constante, uma vez que este sobe com velocidade de módulo constante. Assim, de acordo com a expressão  $E_m = E_c + mgh$ , a energia mecânica do sistema varia linearmente com a altura do balão em relação ao solo.



**24.3.** Entre as posições A e B, o balão move-se com velocidade de módulo constante, pelo que a energia cinética do balão também se mantém constante, ou seja, a variação da energia cinética do balão é nula. Assim, no deslocamento considerado, o trabalho que seria realizado pela resultante das forças que atuam no balão é também nulo, uma vez que, de acordo com o teorema da energia cinética, esse trabalho é igual à variação da energia cinética do balão.

Não sendo o deslocamento nulo, nem podendo ser a resultante das forças que atuam no balão perpendicular ao deslocamento (se o fosse, o movimento seria curvilíneo), conclui-se que a resultante das forças que atuam no balão, no deslocamento considerado, tem intensidade nula.

**24.4.** • Determinação do desnível entre a posição A e a posição B:

O desnível,  $\Delta h$ , entre as posições A e B é igual ao deslocamento,  $\Delta y$ , do balão entre essas posições. Como, entre as posições A e B, o balão se move com movimento retilíneo uniforme, tem-se

$$\Delta y = v\Delta t \Rightarrow \Delta h = 5,8 \text{ m s}^{-1} \times 45 \text{ s} = 261 \text{ m}$$

• Determinação da soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas que atuam no balão, no deslocamento considerado:

O trabalho das forças não conservativas é igual à variação da energia mecânica.

$$W_{\vec{F}_{\text{NC}}} = \Delta E_{\text{m}} \Leftrightarrow W_{\vec{F}_{\text{NC}}} = \Delta E_{\text{c}} + \Delta E_{\text{pg}}$$

$\Delta E_{\text{c}} = 0$ , uma vez que o balão se desloca com velocidade constante

$$\Delta E_{\text{pg}} = mg\Delta h \quad m = 600 \text{ g} = 0,600 \text{ kg}$$

$$W_{\vec{F}_{\text{NC}}} = 0 + 0,600 \times 10 \times 261 = 1,6 \times 10^3 \text{ J}$$

**25.1.** • Determinação do valor mais provável da velocidade do carrinho:

$$\bar{v} = \frac{0,846 + 0,853 + 0,842}{3} = 0,847 \text{ m s}^{-1}$$

• Determinação dos módulos dos desvios de cada valor medido em relação ao valor mais provável:

$v / \text{m s}^{-1}$	Módulo do desvio em relação ao valor mais provável = $ v - \bar{v}  / \text{m s}^{-1}$
0,846	0,001
0,853	0,006
0,842	0,005

• Resultado da medição da velocidade:

Maior desvio em relação à média =  $0,006 \text{ m s}^{-1}$

$$v = (0,847 \pm 0,006) \text{ m s}^{-1}$$

- 25.2. A) Medir com a fita métrica uma distância percorrida pelo carrinho sobre a rampa.  
 B) Medir com o cronómetro o tempo que o carrinho demora a percorrer essa distância.  
 C) Calcular a velocidade do carrinho, utilizando as equações do movimento retilíneo uniformemente acelerado.

OU

- A) Medir com a fita métrica uma distância percorrida pelo carrinho sobre a parte horizontal da prancha.  
 B) Medir com o cronómetro o tempo que o carrinho demora a percorrer essa distância.  
 C) Calcular a velocidade do carrinho, utilizando a equação do movimento retilíneo uniforme.

25.3. (A)

26. ▪ Determinação do valor mais provável da altura máxima atingida pela bola, após o primeiro ressalto:

$$\bar{h}_{\text{após}} = \frac{0,52 + 0,52 + 0,54}{3} = 0,53 \text{ m}$$

- Cálculo da incerteza relativa do valor experimental da altura máxima atingida pela bola, após o primeiro ressalto:

$h_{\text{após}} / \text{m}$	Módulo do desvio em relação ao valor mais provável = $ h_{\text{após}} - \bar{h}_{\text{após}}  / \text{m}$
0,52	0,01
0,52	0,01
0,54	0,01

Maior desvio em relação à média = 0,01 m

$$\text{Incerteza relativa}(\%) = \frac{0,01}{0,53} \times 100 = 2\%$$

- Resultado da medição da altura máxima atingida pela bola, após o primeiro ressalto, em função do valor mais provável e da incerteza relativa (em percentagem):

0,53 m ± 2%

---

# **RESOLUÇÕES**

## **FÍSICA 10.º ANO**

**SUBDOMÍNIO:  
Energia, fenômenos  
térmicos e radiação**

---

1.1. Produção de energia elétrica.

- 1.2. (C) 1 ano tem aproximadamente 365 dias, cada dia tem 24 h e cada hora tem 3600 s. Assim, 1 ano tem  $(365 \times 24 \times 3600)$  s. Por outro lado,  $1 \text{ kW h} = 3,6 \times 10^6 \text{ J}$ .

$$\text{Então } \frac{1500 \text{ kW h}}{1 \text{ ano}} \text{ m}^{-2} = \frac{(1500 \times 3,6 \times 10^6) \text{ J}}{(365 \times 24 \times 3600) \text{ s}} \text{ m}^{-2}, \text{ ou seja,}$$

$$\frac{1500 \text{ kW h}}{1 \text{ ano}} \text{ m}^{-2} = \frac{(1500 \times 3,6 \times 10^6)}{(365 \times 24 \times 3600)} \text{ W m}^{-2}$$

- 2.1. • Determinação da energia necessária para alimentar o semáforo, durante um dia:

$$1 \text{ dia} = 24 \text{ h} = (24 \times 3600) \text{ s} = 8,64 \times 10^4 \text{ s}$$

$$E_u = P \Delta t \quad E_u = 5,0 \times 10^2 \times 8,64 \times 10^4 = 4,32 \times 10^7 \text{ J}$$

- Determinação da energia que é necessário transferir, por dia, para a bateria:

$$\eta = \frac{E_u}{E_f} \quad \frac{50}{100} = \frac{4,32 \times 10^7 \text{ J}}{E_f} \Leftrightarrow E_f = 8,64 \times 10^7 \text{ J}$$

- Determinação da área de painel fotovoltaico necessária:

$$\frac{1,00 \times 10^{-2} \text{ m}^2}{3,89 \times 10^4 \text{ J}} = \frac{A}{8,64 \times 10^7 \text{ J}} \Leftrightarrow A = 22 \text{ m}^2$$

2.2. (C)

3. (D) A potência da radiação solar incidente em cada  $1 \text{ m}^2$  de painel é 600 W. Assim, a potência total incidente num painel de área  $0,50 \text{ m}^2$  será  $(600 \times 0,50) \text{ W}$ . O painel tem um rendimento de 10%, pelo que a potência útil fornecida pelo painel será 10% da potência total incidente:

$$0,10 \times (600 \times 0,50) \text{ W} = (600 \times 0,50 \times 0,10) \text{ W}$$

4.1. (A)

- 4.2. • Cálculo da potência da radiação incidente no conjunto de painéis fotovoltaicos:

$$\frac{1,3 \times 10^3 \text{ W}}{1 \text{ m}^2} = \frac{P_f}{12 \text{ m}^2} \Leftrightarrow P_f = 1,56 \times 10^4 \text{ W}$$

1.ª Resolução:

- Cálculo da potência elétrica média produzida pelo conjunto de painéis fotovoltaicos:

$$\eta = \frac{P_u}{P_f} \quad \frac{20}{100} = \frac{P_u}{1,56 \times 10^4 \text{ W}} \Leftrightarrow P_u = 3,12 \times 10^3 \text{ W}$$

- Cálculo da energia elétrica média, em quilowatt-hora, produzida pelo conjunto de painéis fotovoltaicos durante um dia:

$$3,12 \times 10^3 \text{ W} = 3,12 \text{ kW}$$

$$1 \text{ dia} = 24 \text{ horas}$$

$$E_u = P_u \Delta t \quad E_u = 3,12 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \Leftrightarrow E_u = 75 \text{ kW h}$$

**2.ª Resolução:**

- Cálculo da energia, em quilowatt-hora, incidente sobre os painéis fotovoltaicos durante um dia:

$$1,56 \times 10^4 \text{ W} = 15,6 \text{ kW}$$

$$1 \text{ dia} = 24 \text{ horas}$$

$$E_f = P_f \Delta t \quad E_f = 15,6 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \Leftrightarrow E_f = 374 \text{ kW h}$$

- Cálculo da energia elétrica média, em quilowatt-hora, produzida pelo conjunto de painéis fotovoltaicos durante um dia:

$$\eta = \frac{E_u}{E_f} \quad \frac{20}{100} = \frac{E_u}{374 \text{ kW h}} \Leftrightarrow E_u = 75 \text{ kW h}$$

5. (A) A potência da radiação incidente em cada  $1 \text{ m}^2$  de painel é  $1,3 \times 10^3 \text{ W}$ , ou seja,  $1,3 \text{ kW}$ . A potência da radiação incidente no conjunto de painéis fotovoltaicos será, então,  $(1,3 \times 12) \text{ kW}$ . Como  $E = P \Delta t$ , a energia da radiação incidente no conjunto de painéis fotovoltaicos em 6 h será  $(1,3 \times 12 \times 6) \text{ kW h}$ . Como o conjunto de painéis fotovoltaicos tem um rendimento médio de 20%, apenas 20% daquela energia será fornecida ao satélite. Assim, a energia fornecida ao satélite por esse conjunto de painéis em 6 h de funcionamento será  $(0,20 \times 1,3 \times 12 \times 6) \text{ kW h}$ .

6. ▪ Determinação da energia média diária da radiação incidente no conjunto de painéis fotovoltaicos:

$$\frac{5,0 \text{ kW h}}{1,0 \text{ m}^2} = \frac{E_u}{160 \text{ m}^2} \Leftrightarrow E_u = 800 \text{ kW h}$$

- Determinação da potência média da radiação incidente no conjunto de painéis fotovoltaicos:

$$P_u = \frac{800 \text{ kW h}}{24 \text{ h}} = 33,3 \text{ kW}$$

- Determinação do rendimento médio do conjunto de painéis fotovoltaicos:

$$\eta = \frac{P_u}{P_f} \quad \eta = \frac{3,7 \text{ kW}}{33,3 \text{ kW}} = 0,11 \quad \eta(\%) = 11\%$$

- 7.1. A placa coletora é metálica porque os metais são, em geral, bons condutores térmicos. É negra para permitir uma absorção significativa da radiação solar incidente.

- 7.2. (C)

- 7.3. • Cálculo da energia da radiação incidente necessária para produzir diariamente 8,8 kW h (com o sistema a instalar):

$$\eta = \frac{E_u}{E_f} \quad \frac{40}{100} = \frac{8,8 \text{ kW h}}{E_f} \Leftrightarrow E_f = \frac{8,8 \text{ kW h}}{0,40} \Leftrightarrow E_f = 22,0 \text{ kW h}$$

- Cálculo da energia média da radiação que incide nos coletores, por dia e por m<sup>2</sup> de área desses coletores:

Energia da radiação incidente, por ano e por m<sup>2</sup> = 3,6 × 10<sup>9</sup> J = 1,00 × 10<sup>3</sup> kW h

$$\left( \text{NOTA: } \frac{1 \text{ kW h}}{3,6 \times 10^6 \text{ J}} = \frac{x}{3,6 \times 10^9 \text{ J}} \Leftrightarrow x = 1,00 \times 10^3 \text{ kW h} \right)$$

1 ano = 365 dias

$$\frac{365 \text{ dias}}{1,00 \times 10^3 \text{ kW h}} = \frac{1 \text{ dia}}{E} \Leftrightarrow E = 2,74 \text{ kW h}$$

Energia da radiação incidente, por dia e por m<sup>2</sup> = 2,74 kW h

- Cálculo da área de coletores a instalar:

$$\frac{1 \text{ m}^2}{2,74 \text{ kW h}} = \frac{A}{22,0 \text{ kW h}} \Leftrightarrow A = 8,0 \text{ m}^2$$

8. • Determinação da energia média diária necessária ao aquecimento da água:

$$E_u = m c \Delta\theta \quad E_u = 300 \times 4,18 \times 10^3 \times 40 \quad \Leftrightarrow \quad E_u = 5,02 \times 10^7 \text{ J}$$

- Determinação da energia média diária que deve ser fornecida aos coletores solares térmicos:

$$\eta = \frac{E_u}{E_f} \quad \frac{35}{100} = \frac{5,02 \times 10^7 \text{ J}}{E_f} \quad \Leftrightarrow \quad E_f = 1,43 \times 10^8 \text{ J}$$

- Determinação da área de coletores que deve ser instalada:

$$\frac{1 \text{ m}^2}{1,0 \times 10^7 \text{ J}} = \frac{A}{1,43 \times 10^8 \text{ J}} \quad \Leftrightarrow \quad A = 14 \text{ m}^2$$

- 9.1. (C) Se, no equilíbrio térmico, a temperatura média do sistema é constante, a energia interna do sistema é também constante. Para que a energia interna do sistema se mantenha constante, as taxas temporais de emissão e de absorção de energia têm de ser iguais.

- 9.2. • Cálculo do aumento da energia interna do refrigerante, no intervalo de tempo considerado:

$$\Delta U = m c \Delta\theta \quad \Delta U = 0,34 \times 4,2 \times 10^3 \times 16,5 \quad \Leftrightarrow \quad \Delta U = 2,36 \times 10^4 \text{ J}$$

- Cálculo da energia incidente na superfície da lata exposta à luz solar, no intervalo de tempo considerado:

$$\Delta t = 90 \text{ min} = (90 \times 60) \text{ s} = 5,4 \times 10^3 \text{ s}$$

$$A = 1,4 \times 10^2 \text{ cm}^2 = 1,4 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$E_{\text{incidente}} = P \Delta t$$

$$E_{\text{incidente}} = 6,0 \times 10^2 \times 1,4 \times 10^{-2} \times 5,4 \times 10^3 \quad \Leftrightarrow \quad E_{\text{incidente}} = 4,54 \times 10^4 \text{ J}$$

- Cálculo da percentagem da energia incidente na superfície da lata exposta à luz solar que terá contribuído para o aumento da energia interna do refrigerante, no intervalo de tempo considerado:

$$\frac{2,36 \times 10^4 \text{ J}}{4,54 \times 10^4 \text{ J}} \times 100\% = 52\%$$

10.1.  $2,3 \times 10^4 \text{ J}$ .  $\Delta U = mc\Delta\theta$   $\Delta U = 0,34 \times 4,2 \times 10^3 \times (27 - 11) = 2,3 \times 10^4 \text{ J}$

- 10.2. (C) A potência da radiação incidente e a posição da lata mantiveram-se constantes durante a realização da experiência. Assim, a taxa temporal de absorção de energia pela superfície da lata manteve-se praticamente constante, no intervalo de tempo considerado. Pelo contrário, nesse intervalo de tempo e à medida que a temperatura aumenta, a taxa temporal de emissão de energia pela superfície da lata aumenta, até igualar a taxa temporal de absorção de energia. Consequentemente, no intervalo de tempo considerado, terá ocorrido uma diminuição da diferença entre as taxas temporais de absorção e de emissão de energia pela superfície da lata.

- 10.3. (D) Como as duas amostras foram misturadas num recipiente termicamente isolado e a transferência de energia entre o sistema e o recipiente foi desprezável, pode admitir-se que a variação da energia interna do sistema foi nula:  $\Delta U_{\text{sistema}} = \Delta U_{\text{amostra 1}} + \Delta U_{\text{amostra 2}} = 0$ . Assim,  $m_1 c \Delta\theta_1 + m_2 c \Delta\theta_2 = 0$ . A capacidade térmica mássica,  $c$ , é a mesma (o refrigerante é o mesmo), pelo que, dividindo ambos os membros da equação por  $c$  se obtém  $m_1 \Delta\theta_1 + m_2 \Delta\theta_2 = 0$ . Esta expressão é equivalente a  $m_1 \Delta\theta_1 = -m_2 \Delta\theta_2$ . Substituindo os valores conhecidos tem-se, então,  $0,34 \times (\theta_e - 27) = -0,20 \times (\theta_e - 5)$ .

11. ▪ Determinação da variação de energia interna da água para um volume de gás natural consumido de  $2,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  (\*):

(\* Nota: neste cálculo pode ser usado qualquer outro volume de gás natural consumido, desde que contemplado no gráfico)

Por análise do gráfico, verifica-se que a temperatura da amostra de água aumenta  $10^\circ\text{C}$  quando é consumido um volume de gás natural igual a  $2,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ .

$$\Delta U = m c \Delta\theta \quad \Delta U = 0,800 \times 4,18 \times 10^3 \times 10 \Leftrightarrow \Delta U = 3,34 \times 10^4 \text{ J}$$

- Determinação da energia fornecida pela combustão do mesmo volume de gás natural:

$$\frac{1 \text{ m}^3}{4,0 \times 10^7 \text{ J}} = \frac{2,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{E_f} \Leftrightarrow E_f = 8,00 \times 10^4 \text{ J}$$

- Determinação do rendimento do processo de aquecimento da amostra de água:

$$\eta(\%) = \frac{E_u}{E_f} \times 100\% \quad \eta(\%) = \frac{3,34 \times 10^4 \text{ J}}{8,00 \times 10^4 \text{ J}} \times 100\% \Leftrightarrow \eta = 42\%$$

12. (C) De acordo com a expressão  $E = mc\Delta\theta$ , para comparar as massas das amostras A e B temos de considerar as variações de temperatura que elas sofreram e não as suas temperaturas finais. Ainda de acordo com essa expressão, e considerando uma mesma energia fornecida, quanto maior for a massa da amostra, menor será a variação da sua temperatura. O gráfico mostra que, para energias fornecidas iguais, a amostra A sofre uma menor variação de temperatura, pelo que terá maior massa.

- 13.1. (D)

13.2.  $-100 \text{ J}$ .  $\Delta U = W + Q$   $\Delta U = 300 \text{ J} + (-400 \text{ J}) = -100 \text{ J}$

- 13.3. • Determinação da energia necessária para aumentar a temperatura da massa de gelo considerada de  $-10,0 \text{ }^\circ\text{C}$  para  $0,0 \text{ }^\circ\text{C}$ :

$$m = 400 \text{ g} = 0,400 \text{ kg}$$

$$E = mc\Delta\theta \quad E = 0,400 \times 2,11 \times 10^3 \times (0,0 - (-10,0))$$

$$E = 8,440 \times 10^3 \text{ J}$$

- Determinação da energia que sobra para a fusão do gelo:

Dos  $92,0 \text{ kJ} (= 9,20 \times 10^4 \text{ J})$  fornecidos,  $8,440 \times 10^3 \text{ J}$  foram consumidos no aumento da temperatura do gelo. Assim, sobram para a fusão do gelo:

$$9,20 \times 10^4 \text{ J} - 8,440 \times 10^3 \text{ J} = 8,356 \times 10^4 \text{ J}$$

- Determinação da massa de gelo que se fundiu:

$$\frac{1 \text{ kg gelo}}{3,34 \times 10^5 \text{ J}} = \frac{m_{\text{gelo fundiu}}}{8,356 \times 10^4 \text{ J}} \Leftrightarrow m_{\text{gelo fundiu}} = 0,2502 \text{ kg}$$

- Determinação da massa de gelo que não se fundiu:

$$0,400 \text{ kg} - 0,2502 \text{ kg} = 0,150 \text{ kg}$$

- 14.1. A análise do gráfico apresentado permite concluir que, para se obter uma mesma variação de temperatura, será necessário fornecer mais energia à amostra de água em fase líquida do que à amostra de água em fase sólida.

Conclui-se, assim, que a água em fase líquida apresenta maior capacidade térmica mássica do que a água em fase sólida.

- 14.2. (D) A energia fornecida às duas amostras foi igual:  $E_A = E_B$ . Assim,  $m_A c \Delta T_A = m_B c \Delta T_B$ . Como as duas amostras são da mesma substância (água), a capacidade térmica mássica é a mesma, pelo que, dividindo ambos os membros da equação por  $c$  se obtém  $m_A \Delta T_A = m_B \Delta T_B$ . Como  $m_B = 2m_A$ , tem-se  $m_A \Delta T_A = 2m_A \Delta T_B \Leftrightarrow \Delta T_B = \frac{1}{2} \Delta T_A$ .

- 14.3. (A) A energia fornecida às duas amostras foi igual:  $E_{\text{azeite}} = E_{\text{água}}$ , pelo que  $m_{\text{azeite}} c_{\text{azeite}} \Delta T_{\text{azeite}} = m_{\text{água}} c_{\text{água}} \Delta T_{\text{água}}$ . Assim,

$$0,200 \times \frac{1}{2} c_{\text{água}} \Delta T_{\text{azeite}} = 0,100 \times c_{\text{água}} \Delta T_{\text{água}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 0,100 \times \Delta T_{\text{azeite}} = 0,100 \times \Delta T_{\text{água}} \Leftrightarrow \Delta T_{\text{azeite}} = \Delta T_{\text{água}}$$

- 15.1. (D) Uma variação de temperatura tem o mesmo valor numérico, quando expressa em kelvin e em grau Celsius:  $\Delta t = t_f - t_i$   $\Delta t = 0^\circ\text{C} - (-10^\circ\text{C}) = 10^\circ\text{C} \Rightarrow \Delta T = 10 \text{ K}$

- 15.2. (D)



- 15.3.1. • Cálculo da energia necessária à fusão de uma amostra de 150 g de gelo, que já se encontra à temperatura de fusão:

A energia necessária para fundir 1,0 kg de gelo é  $3,34 \times 10^5$  J. Então, a energia necessária para fundir 150 g = 0,150 kg será

$$0,150 \times 3,34 \times 10^5 = 5,01 \times 10^4 \text{ J}$$

- Cálculo da massa mínima de água que será necessário adicionar à amostra de gelo:

Para que a amostra de gelo funda completamente, permanecendo à temperatura de  $0,0^\circ \text{C}$ , é necessário que receba, da água adicionada,  $5,01 \times 10^4$  J. Admitindo que não há trocas de energia entre a mistura obtida e a sua vizinhança, a água deverá, então, perder uma energia de  $5,01 \times 10^4$  J.

$$E = mc\Delta t \quad -5,01 \times 10^4 = m \times 4,18 \times 10^3 \times (0,0 - 20,0) \Leftrightarrow m = 0,60 \text{ kg}$$

15.3.2. (B)  $\eta = \frac{E_u}{E_f} \Leftrightarrow \eta = \frac{E_u}{P_f \times \Delta t} \Rightarrow \eta = \frac{1,4 \times 10^4 \text{ J}}{250 \text{ W} \times (1,5 \times 60) \text{ s}} = 0,62 \Rightarrow \eta(\%) = 62\%$

16.1.  $1,7 \times 10^3 \text{ kJ kg}^{-1}$

- 16.2. • Cálculo da energia fornecida à amostra de água durante o aquecimento:

$$\Delta t = 5,0 \text{ min} = (5,0 \times 60) \text{ s} = 300 \text{ s}$$

$$E_f = P \Delta t \quad E_f = 250 \times 300 = 7,50 \times 10^4 \text{ J}$$

- Determinação do valor da capacidade térmica mássica da água que pode ser determinado a partir da informação dada no texto:

De acordo com o texto, é necessário fornecer uma energia de 420 kJ a 1 kg de água para que a sua temperatura aumente  $100^\circ \text{C}$  (de  $0^\circ \text{C}$  até  $100^\circ \text{C}$ ). Assim, será necessário fornecer uma energia 100 vezes inferior a 1 kg de água para que a sua temperatura aumente  $1^\circ \text{C}$ .

Consequentemente:

$$c_{\text{água}} = \frac{420}{100} = 4,20 \text{ kJ kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} = 4,20 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

- Cálculo da energia utilizada para aquecer a amostra de água:

$$m = 500 \text{ g} = 0,500 \text{ kg}$$

$$E_u = m c \Delta \theta \quad E_u = 0,500 \times 4,20 \times 10^3 \times (41 - 20) = 4,41 \times 10^4 \text{ J}$$

- Cálculo do rendimento do processo de aquecimento da amostra de água:

$$\eta(\%) = \frac{E_u}{E_f} \times 100 \quad \eta(\%) = \frac{4,41 \times 10^4 \text{ J}}{7,50 \times 10^4 \text{ J}} \times 100 = 59\%$$

17. (B) Sendo a variação de temperatura igual para todos os líquidos (encontram-se todos inicialmente a  $50^\circ \text{C}$  e vão arrefecer até à temperatura ambiente), as amostras vão ceder tanto mais energia quanto maior for a sua massa e quanto mais elevada for a capacidade térmica mássica do líquido respetivo ( $E = mc\Delta\theta$ )

- 18.1. O vaso de cobre foi revestido com cortiça para diminuir as transferências de energia, sob a forma de calor, entre o vaso e o exterior.

18.2. 0,01 °C

18.3. • Determinação do valor experimental da capacidade térmica mássica da água:

$$E = m c \Delta\theta \quad 7,2 \times 10^2 = 0,50 \times c \times 0,29 \quad \Leftrightarrow \quad c = \frac{7,2 \times 10^2}{0,50 \times 0,29} = 5,0 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

• Determinação do erro relativo desse valor:

$$\text{erro relativo (\%)} = \frac{5,0 \times 10^3 - 4,18 \times 10^3}{4,18 \times 10^3} \times 100\% = 20\%$$

19.1. A resistência encontra-se geralmente colocada no fundo da cafeteira para aproveitar o mecanismo da convecção.

A água que se encontra no fundo da cafeteira, perto da resistência, aquece, tornando-se menos densa do que a restante, o que dá origem a uma corrente quente ascendente. Esta água, ao subir, arrefece (uma vez que transfere energia para as regiões vizinhas), tornando-se mais densa, o que dá origem a uma corrente fria descendente.

As correntes quentes ascendentes e as correntes frias descendentes, repetindo-se, em simultâneo, ao longo do tempo, permitem o aquecimento de toda a água contida na cafeteira.

19.2. (D)  $E = mc\Delta T \Leftrightarrow \Delta T = \frac{1}{mc} E$

19.3. • Cálculo da energia necessária ao aquecimento da amostra de água:

$$m = 500 \text{ g} = 0,500 \text{ kg}$$

$$E_u = m c \Delta\theta \quad E_u = 0,500 \times 4,18 \times 10^3 \times 27 \quad \Leftrightarrow \quad E_u = 5,64 \times 10^4 \text{ J}$$

• Cálculo da energia fornecida pela resistência de aquecimento:

$$\eta = \frac{E_u}{E_f} \quad \frac{70}{100} = \frac{5,64 \times 10^4 \text{ J}}{E_f} \quad \Leftrightarrow \quad E_f = 8,06 \times 10^4 \text{ J}$$

• Cálculo do intervalo de tempo que foi necessário para o aquecimento da amostra de água:

$$E_f = P \Delta t \quad 8,06 \times 10^4 = 200 \times \Delta t \quad \Leftrightarrow \quad \Delta t = \frac{8,06 \times 10^4}{200} \quad \Leftrightarrow \quad \Delta t = 4,0 \times 10^2 \text{ s}$$

20. Referir duas das seguintes características:

A parede interior da garrafa térmica deve ser espelhada, para minimizar as transferências de energia por radiação.

A parede interior da garrafa térmica deve ser feita de um material que seja um mau condutor térmico, para minimizar as transferências de energia, como calor, por condução.

A parede interior da garrafa térmica deve ser dupla, com ar ou vácuo no seu interior, para minimizar as transferências de energia, como calor, por condução.

21. O principal processo de transferência de energia, como calor, que permite o aquecimento de todo o ar contido no balão é a convecção.

O ar que se encontra na base do balão, junto à chama, aquece, tornando-se menos denso, o que dá origem a uma corrente quente ascendente. Simultaneamente, o ar mais frio no topo do balão desce por ser mais denso, o que dá origem a uma corrente fria descendente.

As correntes quentes ascendentes e as correntes frias descendentes, repetindo-se, em simultâneo, ao longo do tempo, permitem o aquecimento de todo o ar contido no balão.

22. (D)  $E_{\text{ar}} = E_{\text{água}} \Leftrightarrow m_{\text{ar}} c_{\text{ar}} \Delta T_{\text{ar}} = m_{\text{água}} c_{\text{água}} \Delta T_{\text{água}} \Leftrightarrow m_{\text{ar}} \left( \frac{1}{4} c_{\text{água}} \right) \Delta T_{\text{ar}} = (2 m_{\text{ar}}) c_{\text{água}} \Delta T_{\text{água}} \Leftrightarrow$   
 $\Leftrightarrow \frac{1}{4} \Delta T_{\text{ar}} = 2 \Delta T_{\text{água}} \Leftrightarrow \Delta T_{\text{ar}} = 8 \Delta T_{\text{água}}$

23. (A)

24. (C) Como a energia interna diminuiu 500 J, então a variação da energia interna,  $\Delta U$ , do sistema foi de  $-500$  J. Por outro lado, o trabalho foi realizado sobre o sistema, logo  $W = 240$  J. Assim, como  $\Delta U = W + Q$ , tem-se  $-500 \text{ J} = 240 \text{ J} + Q$ , ou seja,  $Q = -740$  J (a amostra cedeu à vizinhança 740 J, como calor).

25.1. (C)

25.2. • Relação entre a energia fornecida ao bloco e o aumento da sua temperatura:

A análise do gráfico mostra que a temperatura do bloco aumenta  $10,0$  °C, por cada 2 minutos de aquecimento, ou seja, que a temperatura aumenta  $5,0$  °C em cada minuto.

Conclui-se, assim, que a temperatura do bloco aumenta  $5,0$  °C quando lhe é fornecida uma energia de  $2,50 \times 10^3$  J.

• Determinação da capacidade térmica mássica do material constituinte do bloco:

$$E = m c \Delta \theta \quad 2,50 \times 10^3 = 1,30 \times c \times 5,0 \quad \Leftrightarrow \quad c = \frac{2,50 \times 10^3}{1,30 \times 5,0} = 3,8 \times 10^2 \text{ J kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}$$

26. (D) A energia necessária para fundir a amostra,  $E_{\text{fusão}}$ , é dada por  $E_{\text{fusão}} = m \Delta h_{\text{fusão}}$ , onde  $m$  é a massa do sistema e  $\Delta h_{\text{fusão}}$  é a variação de entalpia (mássica) de fusão do metal.

27.1. (C) Por definição, a potência é a energia transferida por unidade de tempo ( $P = \frac{E}{\Delta t}$ ). Assim, se a potência da fonte for maior, a mesma energia será transferida num intervalo de tempo menor. Note-se que a energia necessária para a temperatura da amostra aumentar 1 K e a energia necessária para fundir completamente a amostra só dependem da massa da amostra e do material constituinte da amostra, pelo que não dependem da potência da fonte.

27.2.  $64 \text{ K} \quad 1044 \text{ K} - 980 \text{ K} = 64 \text{ K}$

27.3. (D) Está a ser transferida energia para a amostra nos três intervalos de tempo considerados, pelo que a energia interna da amostra aumenta em todos esses intervalos de tempo.

27.4. • Determinação da energia necessária para fundir a amostra de KCl:

$$E = P \Delta t$$

$$\text{Tempo que a amostra demora a fundir} = 273 \text{ s} - 36 \text{ s} = 237 \text{ s}$$

$$E = 300 \text{ W} \times 237 \text{ s} = 7,110 \times 10^4 \text{ J}$$

• Determinação da energia necessária para fundir 1,0 kg de KCl:

$7,110 \times 10^4$  J é a energia necessária para fundir 200 g (= 0,200 kg) de KCl. Então, para fundir uma massa 5 vezes maior (1,0 kg), será necessário o quádruplo dessa energia:

$$5 \times 7,110 \times 10^4 \text{ J} = 3,6 \times 10^5 \text{ J}$$

27.5. No intervalo de tempo  $[0; 36]$  s (aquecimento do KCl sólido), o declive da reta representada no gráfico depende da potência da fonte, da massa da amostra e da capacidade térmica mássica do KCl sólido.

No intervalo de tempo  $[273; 310]$  s (aquecimento do KCl líquido), o declive da reta representada no gráfico depende da potência da fonte, da massa da amostra e da capacidade térmica mássica do KCl líquido.

Como a potência da fonte e a massa da amostra são as mesmas nos dois intervalos de tempo considerados, apenas as capacidades térmicas mássicas influenciam os declives das retas referidas. O gráfico representado na figura mostra que a reta correspondente ao aquecimento da amostra de KCl sólido e a reta correspondente ao aquecimento da amostra de KCl líquido têm declives semelhantes. Conclui-se, assim, que a capacidade térmica mássica do KCl sólido e a capacidade térmica mássica do KCl líquido são semelhantes.

28.1. (B) A energia que é necessário fornecer à barra de alumínio para que a sua temperatura aumente  $2,0\text{ }^\circ\text{C}$  ( $= 27,0\text{ }^\circ\text{C} - 25,0\text{ }^\circ\text{C}$ ), pode ser calculada pela expressão  $E = mc\Delta\theta$ , onde  $c$  é a capacidade térmica mássica do alumínio. Assim,  $E = (0,700 \times 897 \times 2,0)\text{ J} \Leftrightarrow E = (1,4 \times 897)\text{ J}$ .

28.2. • Cálculo da energia que é necessário transferir para a barra de alumínio, à temperatura de  $660\text{ }^\circ\text{C}$ , para esta fundir completamente:

$$m = 700\text{ g} = 0,700\text{ kg}$$

$$E = \Delta h_f \times m \quad E = 4,0 \times 10^5 \times 0,700 = 2,80 \times 10^5\text{ J}$$

• Cálculo do tempo que a barra demora a fundir completamente:

$$P = 1,1\text{ kW} = 1,1 \times 10^3\text{ W}$$

$$E = P \Delta t \quad 2,80 \times 10^5 = 1,1 \times 10^3 \times \Delta t \quad \Leftrightarrow \Delta t = \frac{2,80 \times 10^5}{1,1 \times 10^3} \quad \Leftrightarrow \Delta t = 2,5 \times 10^2\text{ s}$$

29. (C) O gráfico mostra que, para uma mesma energia fornecida,  $\Delta\theta_B = 3\Delta\theta_A$ . Assim,  $m_A c \Delta\theta_A = m_B c \Delta\theta_B \Leftrightarrow m_A c \Delta\theta_A = m_B c \times 3\Delta\theta_A$ . Como as duas esferas são da mesma substância (cobre), a capacidade térmica mássica é a mesma, pelo que, dividindo ambos os membros da equação por  $c$  se obtém  $m_A \Delta\theta_A = m_B \times 3\Delta\theta_A \Leftrightarrow m_A = 3m_B$ .

30.1. Condução.

30.2. Condutividade térmica.

31. (D)

32. (C)

33.1. (D)

33.2. Convecção.

34.1. (B) A potência fornecida ao circuito é calculada a partir da expressão  $P = UI$ , onde  $U$  representa a diferença de potencial nos terminais do painel e  $I$  representa a corrente elétrica no circuito.

33.2. Os alunos tiveram o cuidado de manter a lâmpada sempre à mesma distância do painel. Esse cuidado foi necessário para assegurar que a intensidade da radiação incidente no painel fosse constante ao longo de toda a experiência.

34.3. A potência fornecida pelo painel ao circuito diminui à medida que o ângulo  $\alpha$  (ângulo definido pela direção em que se encontrava o painel e pela direção da radiação incidente) se afasta de um ângulo reto ( $90^\circ$ ).

35.1. (B)

35.2.1. Referir uma das seguintes grandezas: Diferença de potencial ; Intensidade de corrente

35.2.2. ▪ Relação entre a energia fornecida ao bloco e o aumento da sua temperatura:

Para a resolução desta questão apenas tem significado a parte linear do gráfico, ou seja, o intervalo de tempo [30; 150] s.

O gráfico mostra que a temperatura do bloco aumenta  $0,38^\circ\text{C}$  no intervalo de tempo [50, 150] s, ou seja, que a temperatura do bloco aumenta  $0,38^\circ\text{C}$  em 100 s.

Como  $E = P\Delta t$ , em 100 s a resistência de aquecimento dissipa uma energia  $E = 1,58\text{ W} \times 100\text{ s} = 158\text{ J}$ .

Admitindo que toda a energia dissipada pela resistência de aquecimento contribui para o aumento de temperatura do bloco de cobre, conclui-se que a temperatura do bloco aumenta  $0,38^\circ\text{C}$  quando lhe é fornecida uma energia de 158 J.

▪ Cálculo da capacidade térmica mássica do cobre:

$$E = mc \Delta\theta$$

$$158 = 1,00 \times c \times 0,38 \quad \Leftrightarrow \quad c = \frac{158}{0,38} \quad \Leftrightarrow \quad c = 4,16 \times 10^2 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

35.3. O gráfico mostra que, num mesmo intervalo de tempo, a variação da temperatura do bloco de cobre é superior à variação de temperatura do bloco de alumínio. Consequentemente, será necessário fornecer mais energia a 1 kg de alumínio do que a 1 kg de cobre, para que a temperatura aumente  $1^\circ\text{C}$ . Conclui-se, assim, que o alumínio terá maior capacidade térmica mássica do que o cobre.

36.1. Diferença de potencial elétrico e corrente elétrica.

36.2.1.  $22,1^\circ\text{C}$  A ordenada na origem ( $22,1^\circ\text{C}$ ) corresponde à temperatura do bloco de cobre quando lhe foi fornecida uma energia nula, ou seja, antes de se iniciar o processo de aquecimento.

36.2.2. ▪ Determinação da capacidade térmica mássica do cobre, obtida na experiência:

$$E = mc\Delta t \Leftrightarrow E = mc(t - t_0) \Leftrightarrow (t - t_0) = \frac{1}{mc}E \Leftrightarrow t = \frac{1}{mc}E + t_0$$

Da última expressão, conclui-se que o declive da reta representada no gráfico ( $1,91 \times 10^{-3}$ ) é igual a  $\frac{1}{mc}$ . Assim,

$$\frac{1}{mc} = 1,91 \times 10^{-3} \Rightarrow \frac{1}{1,264 \times c} = 1,91 \times 10^{-3} \Leftrightarrow c = \frac{1}{1,264 \times 1,91 \times 10^{-3}} = 414 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

▪ Determinação do erro percentual da capacidade térmica mássica do cobre obtida na experiência:

$$\text{erro percentual (\%)} = \frac{(414 - 385) \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}}{385 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}} \times 100\% = 7,5\%$$

37.1. Fonte: água líquida, a 20,0 °C ; Recetor: gelo, a 0,0 °C.

37.2. (C) A energia necessária para fundir 1 kg de gelo é  $3,34 \times 10^5$  J. A energia necessária para fundir 30,0 g = 0,0300 kg será  $(0,0300 \times 3,34 \times 10^5)$  J.

37.3.1. Lei da conservação da energia OU 1.ª Lei da Termodinâmica.

37.3.2. ▪ Cálculo da variação de energia interna da água líquida, inicialmente a 20,0 °C, no intervalo de tempo considerado:

$$m = 260,0 \text{ g} = 2,600 \times 10^{-1} \text{ kg}$$

$$\Delta U = mc\Delta\theta$$

$$\Delta U = 2,600 \times 10^{-1} \times 4,18 \times 10^3 \times (11,0 - 20,0) \Leftrightarrow \Delta U = -9,781 \times 10^3 \text{ J}$$

▪ Comparação da energia recebida pelo gelo com a energia cedida pela água líquida, inicialmente a 20,0 °C, no intervalo de tempo considerado:

De acordo com o enunciado, o gelo recebeu, no intervalo de tempo considerado, uma energia de  $1,140 \times 10^4$  J. Mas, de acordo com o cálculo acima efetuado, a água líquida, inicialmente a 20,0 °C, apenas cedeu, nesse intervalo de tempo, uma energia de  $9,781 \times 10^3$  J, inferior à energia recebida pelo gelo.

▪ Conclusão:

Conclui-se, assim, que terá ocorrido transferência de energia do exterior para o sistema.

---

# **RESOLUÇÕES**

## **FÍSICA 11.º ANO**

**DOMÍNIO:**  
**Mecânica**

---

- 1.1. (C) Um gráfico da distância percorrida em função do tempo nunca dá qualquer informação sobre a forma da trajetória, nem sobre o sentido do movimento. Mas o gráfico representado na figura permite concluir que no intervalo de tempo  $[t_2, t_3]$  a distância percorrida pelo jipe foi nula, ou seja, que o jipe esteve parado nesse intervalo de tempo.
- 1.2. (C) O jipe sobe a rampa com velocidade constante, logo com aceleração nula. De acordo com a 2.ª lei de Newton, se a aceleração é nula, a resultante das forças aplicadas no jipe também é nula.
- 2.1. No sentido negativo do referencial (da direita para a esquerda).
- 2.2. No intervalo de tempo considerado, os vetores velocidade e aceleração tinham sentidos opostos. Conclui-se, assim, que o módulo da velocidade do automóvel diminuiu nesse intervalo de tempo.
- 3.1. (C) Quando há inversão do sentido do movimento, a componente escalar da velocidade inverte o sinal.
- 3.2. Componente escalar da velocidade do carrinho no instante  $t = 0,0$  s (obtido por leitura do gráfico)  $\rightarrow 0,00 \text{ m s}^{-1}$   
Componente escalar da velocidade do carrinho no instante  $t = 1,4$  s (obtido por leitura do gráfico)  $\rightarrow 0,40 \text{ m s}^{-1}$

**1.ª Resolução:**

- De acordo com o gráfico, pode-se considerar que, no intervalo de tempo  $[0,0 ; 1,4]$  s, o valor da velocidade do carrinho aumentou uniformemente, isto é, que o valor da aceleração do carrinho se manteve praticamente constante.
- Determinação da componente escalar da aceleração do carrinho no intervalo de tempo  $[0,0 ; 1,4]$  s:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad a = \frac{0,40 - 0,00}{1,4 - 0,0} = 0,286 \text{ m s}^{-2}$$

- Determinação da distância percorrida pelo carrinho no intervalo de tempo considerado:

Na situação descrita, distância percorrida  $= \Delta x = x - x_0$

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

$$\Delta x = 0 + \frac{1}{2} \times 0,286 \times 1,4^2 = 0,28 \text{ m}$$

**2.ª Resolução:**

- Determinação da distância percorrida pelo carrinho no intervalo de tempo considerado:

Na situação descrita, distância percorrida  $= \Delta x$

$$\Delta x = \text{área do triângulo} = \frac{1}{2} \times 1,4 \times 0,40 = 0,28 \text{ m}$$

- 3.3. (B) No instante  $t = 3,4$  s, a componente escalar da velocidade é positiva, ou seja, o vetor velocidade tem o sentido positivo do eixo  $Ox$ . De acordo com o gráfico, no intervalo de tempo  $[3,3 ; 3,8]$  s (que inclui o instante considerado) o módulo da velocidade está a diminuir, pelo que, nesse intervalo de tempo, o vetor aceleração tem o sentido contrário ao do vetor velocidade.



4.1. (B) O gráfico mostra que o declive da reta tangente à curva  $x = f(t)$  diminui ao longo do intervalo de tempo  $[0,0; 2,0]$  s, ou seja, que o módulo da velocidade do carrinho diminui ao longo desse intervalo de tempo. A opção (B) é a única coerente com uma diminuição do módulo da velocidade, já que mostra que o carrinho percorre, a intervalos de tempo iguais, distâncias sucessivamente menores.

4.2. (C) No intervalo de tempo  $[0,0; 2,0]$  s, o carrinho move-se no sentido positivo do referencial (a componente escalar da posição,  $x$ , aumenta). Assim, o vetor velocidade tem o sentido positivo do referencial. Como o módulo da velocidade do carrinho está a diminuir, o vetor aceleração tem o sentido contrário ao do vetor velocidade. Consequentemente, a componente escalar da aceleração será negativa, ao longo de todo o intervalo de tempo.

4.3. • Identificação do valor da velocidade final do carrinho:

O gráfico mostra que o valor da velocidade do carrinho diminui ao longo do tempo (em intervalos de tempo iguais, o carrinho percorre distâncias sucessivamente menores).

A partir do instante  $t = 2$  s, o carrinho permanece sempre na mesma posição, ou seja, fica parado. Assim,  $v_f = 0 \text{ m s}^{-1}$ .

• Determinação da variação de energia cinética do carrinho, na situação considerada:

$$m = 400 \text{ g} = 0,400 \text{ kg}$$

$$\Delta E_c = E_{c_f} - E_{c_i}$$

$$v_f = 0 \Rightarrow E_{c_f} = 0 \quad \text{logo,} \quad \Delta E_c = 0 - \frac{1}{2} m v_i^2 \Leftrightarrow \Delta E_c = -\frac{1}{2} m v_i^2$$

$$\Delta E_c = -\frac{1}{2} \times 0,400 \times 2,0^2 = -0,800 \text{ J}$$

• Determinação do trabalho realizado pela resultante das forças não conservativas que atuam sobre o carrinho:

Trabalho das forças não conservativas = variação da energia mecânica

$$W_{\vec{F}_{\text{NC}}} = \Delta E_m \Leftrightarrow W_{\vec{F}_{\text{NC}}} = \Delta E_c + \Delta E_p$$

Na situação descrita,  $\Delta E_p = 0 \text{ J}$  (o carrinho move-se segundo uma trajetória horizontal), logo

$$W_{\vec{F}_{\text{NC}}} = -0,800 \text{ J} + 0 \text{ J} = -0,800 \text{ J}$$

• Determinação da intensidade da resultante das forças não conservativas que atuam sobre o carrinho, no percurso considerado:

$$W_{\vec{F}_{\text{NC}}} = F_{\text{NC}} d \cos \alpha$$

$$\text{De acordo com o gráfico, } d = 2,5 \text{ m} - 0,5 \text{ m} = 2,0 \text{ m}$$

Como o valor da velocidade diminui ao longo do tempo e se admite que a resultante das forças não conservativas tem a direção do movimento,  $\alpha = 180^\circ$ .

$$-0,800 = F_{\text{NC}} \times 2,0 \times \cos 180^\circ \Leftrightarrow F_{\text{NC}} = \frac{-0,800}{2,0 \times (-1,00)} = 0,40 \text{ N}$$

5.1. (A) No percurso AB o carrinho desce o plano inclinado, pelo que a energia potencial gravítica do sistema *carrinho + Terra* diminui e a variação da energia potencial gravítica desse sistema é negativa ( $\Delta E_p = mgh_B - mgh_A$ , pelo que  $\Delta E_p < 0$ ). Como  $W_{\vec{F}} = -\Delta E_p$ , o trabalho realizado pelo peso do carrinho é positivo. Por outro lado, a variação da energia mecânica do sistema é nula uma vez que as forças dissipativas são desprezáveis.

5.2. No percurso AB, atuam sobre o carrinho a força gravítica e a força de reação normal (força exercida pela superfície sobre a qual o carrinho se desloca).

No percurso AB, aquelas forças têm direções diferentes pelo que a sua resultante não é nula.

5.3. (C) No percurso AC, as únicas forças que atuam no carrinho são o peso e a força de reação normal. Entre A e B, essas forças mantêm-se constantes e não se anulam. Assim, a resultante das forças aplicadas no carrinho mantêm-se constante (e igual à componente tangencial do peso), pelo que o carrinho desce o plano inclinado com aceleração constante. Entre B e C, essas forças anulam-se, pelo que a aceleração passa a ser nula.

6.1. Movimento retilíneo uniforme.

6.2. (D)  $\vec{F}_g$  e  $\vec{F}_N$  são as únicas forças que atuam sobre o carrinho na direção vertical. Como o carrinho se move na horizontal, essas forças têm necessariamente de se anular. Assim,  $\vec{F}_g$  e  $\vec{F}_N$  são simétricas, pelo que têm a mesma intensidade. Atuando essas forças no mesmo corpo (o carrinho), não podem constituir um par ação-reação.

6.3. Na situação descrita no texto, atuam sobre o carrinho a força gravítica,  $\vec{F}_g$ , a força normal,  $\vec{F}_N$ , exercida pela estrada e as forças de atrito. Como, na situação descrita,  $\vec{F}_g$  e  $\vec{F}_N$  são simétricas, a resultante das forças que atuam sobre o carrinho é igual à resultante das forças de atrito.

Quanto mais lisa for a estrada, menor será a intensidade da resultante das forças de atrito que atuam sobre o carrinho. Consequentemente, e de acordo com a 2.ª lei de Newton, a aceleração do carrinho será menor, pelo que, para a mesma velocidade inicial, a distância percorrida pelo carrinho até parar será maior.

6.4. ▪ Determinação do período do movimento:

$$\frac{5,0 \text{ voltas}}{4,0 \text{ s}} = \frac{1,0 \text{ volta}}{T} \Leftrightarrow T = \frac{4,0}{5,0} = 0,80 \text{ s}$$

▪ Determinação do módulo da velocidade angular da roda:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \omega = \frac{2\pi}{0,80} = 7,8 \text{ rad s}^{-1}$$

7.1. O vetor velocidade tem direção tangente à trajetória, em cada ponto, e sentido do movimento.

O vetor aceleração tem direção perpendicular à tangente à trajetória em cada ponto (isto é, tem direção radial) e sentido para o centro da trajetória.

7.2. ▪ Cálculo do período do movimento do carrinho:

$$\frac{5 \text{ voltas}}{47,6 \text{ s}} = \frac{1 \text{ volta}}{T} \Leftrightarrow T = \frac{47,6}{5} = 9,520 \text{ s}$$

▪ Determinação do módulo da velocidade angular do carrinho:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \omega = \frac{2\pi}{9,520} = 0,6600 \text{ rad s}^{-1}$$

▪ Determinação do módulo da aceleração do carrinho:

$$\text{Raio da trajetória} = \frac{50,0 \text{ cm}}{2} = 25,0 \text{ cm} = 0,250 \text{ m}$$

$$a_c = \omega^2 r \quad a_c = 0,6600^2 \times 0,250 \Leftrightarrow a_c = 1,09 \times 10^{-1} \text{ m s}^{-2}$$

**7.3. (A)** O carrinho move-se com movimento circular uniforme, pelo que o módulo da sua aceleração pode ser calculado pela expressão  $a = \omega^2 r = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$ . Esta expressão mostra que a aceleração é independente da massa do carrinho, dependendo apenas do período do movimento e do raio da trajetória (que se mantêm constantes): o gráfico de  $a$  em função de  $m$  será uma reta paralela ao eixo das abcissas. Por outro lado, a intensidade da resultante das forças aplicadas no carrinho é diretamente proporcional à massa do carrinho ( $F = ma$ ), pelo que o gráfico de  $F$  em função de  $m$  será uma reta que passa na origem do referencial.

**8.1.1. ▀** Determinação do módulo do deslocamento entre os pontos A e B:

Distância a que se encontram, na figura, os pontos A e B - 5,55 cm.

Escala da figura - 1,50 cm : 3,0 km

$$\frac{1,50 \text{ cm}}{3,0 \text{ km}} = \frac{5,55 \text{ cm}}{\Delta x} \quad \Leftrightarrow \quad \Delta x = 11,1 \text{ km}$$

▀ Determinação do tempo que o automóvel demora a percorrer o troço considerado:

$$\frac{80 \text{ km}}{1 \text{ h}} = \frac{11,1 \text{ km}}{\Delta t} \quad \Leftrightarrow \quad \Delta t = 0,14 \text{ h}$$

**8.1.2.** Entre os pontos A e B, o automóvel move-se em linha reta com velocidade de módulo constante, pelo que a sua aceleração é nula.

De acordo com a 2.ª lei de Newton, a resultante das forças aplicadas num corpo e a aceleração do corpo são grandezas cujos valores são diretamente proporcionais.

Então, sendo a aceleração do automóvel nula, a resultante das forças que sobre ele atuam também é nula.

**8.2.1. (C)** Como  $F = ma$ , a intensidade da resultante das forças aplicadas no automóvel depende da massa (que se mantém constante) e do módulo da aceleração do automóvel. Entre os pontos B e C, o automóvel move-se com movimento circular uniforme, pelo que o módulo da sua aceleração é constante e não nulo. Assim, a intensidade da resultante das forças aplicadas no automóvel mantém-se constante ao longo do intervalo de tempo em que este se desloca ao longo do troço BC.

**8.2.2.** O automóvel percorre os troços BC e DE, que correspondem a arcos de circunferência, com velocidade de módulo constante, ou seja, o automóvel percorre esses troços com movimento circular uniforme. A aceleração do automóvel é, então, centrípeta, podendo o seu módulo ser calculado pela expressão  $a_c = \frac{v^2}{r}$ , onde  $v$  é o módulo da velocidade do automóvel e  $r$  é o raio da trajetória.

Como o módulo da velocidade é constante e igual nos dois troços ( $v_{BC} = v_{DE} = \text{constante}$ ) e o troço que apresenta menor raio é o troço DE, o módulo da aceleração será maior nesse troço.

**9.1. (B)** O automóvel descreve um arco de circunferência com velocidade de módulo constante, ou seja, o automóvel move-se com movimento circular uniforme. A resultante das forças aplicadas no automóvel será, assim, centrípeta em cada ponto da trajetória.

**9.2. (B)**  $v = \frac{54 \text{ km}}{1 \text{ h}} = \frac{54000 \text{ m}}{3600 \text{ s}}$  e  $v = \frac{d}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = \frac{d}{v}$ . Assim,  $\Delta t = \frac{300 \text{ m} \times 3600 \text{ s}}{54000 \text{ m}}$

9.3. A energia cinética do automóvel é igual nas posições P e Q, uma vez que o automóvel se move com velocidade de módulo constante.

A energia potencial gravítica do sistema *automóvel + Terra* é igual nas posições P e Q, uma vez que essas posições se encontram num mesmo plano horizontal, isto é, à mesma altura.

Sendo a energia mecânica a soma das energias cinética e potencial gravítica, conclui-se que a energia mecânica do sistema *automóvel + Terra* é igual nas posições P e Q.

9.4. (D)  $E_{c, \text{camião}} = \frac{1}{2} m_{\text{camião}} v_{\text{camião}}^2$ . Como  $m_{\text{camião}} = 12 m_{\text{automóvel}}$  e  $v_{\text{camião}} = \frac{1}{2} v_{\text{automóvel}}$ , tem-se

$$E_{c, \text{camião}} = \frac{1}{2} m_{\text{camião}} v_{\text{camião}}^2 \Leftrightarrow E_{c, \text{camião}} = \frac{1}{2} \times 12 m_{\text{automóvel}} \times \left( \frac{1}{2} v_{\text{automóvel}} \right)^2 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow E_{c, \text{camião}} = \frac{1}{2} \times 12 m_{\text{automóvel}} \times \frac{1}{4} v_{\text{automóvel}}^2 \Leftrightarrow E_{c, \text{camião}} = \frac{12}{4} \times \left( \frac{1}{2} m_{\text{automóvel}} v_{\text{automóvel}}^2 \right) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow E_{c, \text{camião}} = 3 E_{c, \text{automóvel}}$$

10.1. (D) De acordo com a lei da gravitação universal,  $F_g = G \frac{m m_{\text{Terra}}}{d^2}$ , a intensidade da força gravítica que atua no fruto é diretamente proporcional a  $m$  (massa do fruto) e a  $m_{\text{Terra}}$  (massa da Terra) e é inversamente proporcional a  $d^2$  (quadrado da distância entre o centro de massa do fruto e o centro de massa da Terra).

10.2. (A) A força com que a Terra atrai um fruto e a força com que esse fruto atrai a Terra constituem um par ação-reação, pelo que essas forças têm intensidades iguais. No entanto, essas forças determinam acelerações de módulos diferentes em cada um desses corpos uma vez que o módulo da aceleração depende da massa dos corpos ( $F = ma$ ).

10.3. O trabalho realizado pelo peso de um fruto é simétrico da variação da energia potencial gravítica do sistema *fruto + Terra*.

Como a variação da energia potencial gravítica depende apenas da diferença de altura entre as posições inicial e final do fruto, conclui-se que o trabalho realizado pelo peso de um fruto, quando este cai da árvore para o solo, é independente da forma da trajetória descrita pelo fruto.

OU

Como o peso é uma força conservativa, o trabalho realizado pelo peso de um fruto depende apenas da diferença de altura entre as posições inicial e final desse fruto.

Conclui-se, assim, que o trabalho realizado pelo peso de um fruto, quando este cai da árvore para o solo, é independente da forma da trajetória descrita pelo fruto.

10.4.1. (B) O fruto cai da árvore, a partir do repouso, com movimento retilíneo uniformemente acelerado, pelo que  $v = at$ . Como  $E_c = \frac{1}{2} mv^2$ , tem-se  $E_c = \frac{1}{2} m(at)^2 \Leftrightarrow E_c = \frac{1}{2} ma^2 t^2$ . Sendo  $m$  e  $a$  constantes durante a queda, conclui-se que a energia cinética é diretamente proporcional ao quadrado do tempo de queda, pelo que o gráfico de  $E_c$  em função de  $t$  será um ramo de parábola como o representado em (B).

- 10.4.2. (B) O fruto cai da árvore, a partir do repouso, com movimento retilíneo uniformemente acelerado, pelo que  $y = y_0 + \frac{1}{2}at^2$ . Considerando um referencial unidimensional com origem no solo e sentido positivo de baixo para cima, tem-se  $y = 0,70$  m,  $y_0 = 1,60$  m e  $a = g = -10$  m s<sup>-2</sup>, pelo que  $0,70 = 1,60 + \frac{1}{2}(-10)t^2 \Leftrightarrow t^2 = \frac{(0,70 - 1,60)}{-5,0} \Rightarrow t = 0,424$  s. Ao fim de 0,424 s o fruto passa na posição situada a 0,70 m do solo com uma velocidade de módulo 4,2 m s<sup>-1</sup>, uma vez que  $v = at \Rightarrow v = -10 \times 0,424 = -4,2$  m s<sup>-1</sup>

- 10.4.3. • Cálculo da intensidade da força gravítica exercida pela Terra sobre a Lua:

$$F_g = G \frac{m_{\text{Terra}} m_{\text{Lua}}}{r^2} \quad \text{sendo } r = 3,84 \times 10^5 \text{ km} = 3,84 \times 10^8 \text{ m}$$

$$F_g = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{5,98 \times 10^{24} \times 7,35 \times 10^{22}}{(3,84 \times 10^8)^2} \Leftrightarrow F_g = 1,988 \times 10^{20} \text{ N}$$

- Cálculo do módulo da aceleração da Lua, no movimento de translação referido:

Considerando que a Lua descreve o seu movimento em torno da Terra unicamente sujeita à força gravítica exercida pela Terra,

$$F_g = m_{\text{Lua}} a_{\text{Lua}}$$

$$1,988 \times 10^{20} = 7,35 \times 10^{22} \times a_{\text{Lua}} \Leftrightarrow a_{\text{Lua}} = \frac{1,988 \times 10^{20}}{7,35 \times 10^{22}} = 2,705 \times 10^{-3} \text{ m s}^{-2}$$

- Determinação do quociente entre o módulo da aceleração da Lua, no movimento de translação referido, e o módulo da aceleração do fruto, no movimento de queda considerado:

Junto à superfície da Terra, o fruto cai com uma aceleração de módulo 10 m s<sup>-2</sup>.

$$\frac{a_{\text{Lua}}}{a_{\text{fruto}}} = \frac{2,705 \times 10^{-3}}{10} = 2,7 \times 10^{-4}$$

- 11.1. Na Lua a atmosfera é praticamente inexistente.

- 11.2. (D) De acordo com o texto, Scott considerou que o facto de o martelo e a pena terem chegado ao solo praticamente ao mesmo tempo provava que Galileu tinha razão. Como esses objetos têm formas e massas diferentes, Galileu terá previsto que, na queda livre, o tempo de queda é independente da forma e da massa do objeto.

- 11.3. (A) Na Lua, uma vez que não há atmosfera apreciável, o martelo e a pena caem livremente: caem ambos com a mesma aceleração (que será igual à aceleração gravítica local,  $g$ ). Mas o martelo e a pena têm massas diferentes, pelo que estão sujeitos a forças gravíticas diferentes ( $F_g = mg$ ).

- 11.4. (B) Uma vez que na Lua não há atmosfera apreciável, a única força que atua na pena, durante a queda, é a força gravítica, que é uma força conservativa. Assim, a energia mecânica do sistema *pena + Lua* mantém-se constante durante a queda.

- 12.1. (D) Como  $F_g = mg$  e  $g_{\text{Lua}} = \frac{1}{6}g_{\text{Terra}}$ , tem-se  $F_{g_{\text{Terra}}} = mg_{\text{Terra}} \Leftrightarrow F_{g_{\text{Terra}}} = m \times 6g_{\text{Lua}} \Leftrightarrow$   
 $\Leftrightarrow F_{g_{\text{Terra}}} = 6(mg_{\text{Lua}}) \Leftrightarrow F_{g_{\text{Terra}}} = 6F_{g_{\text{Lua}}}$

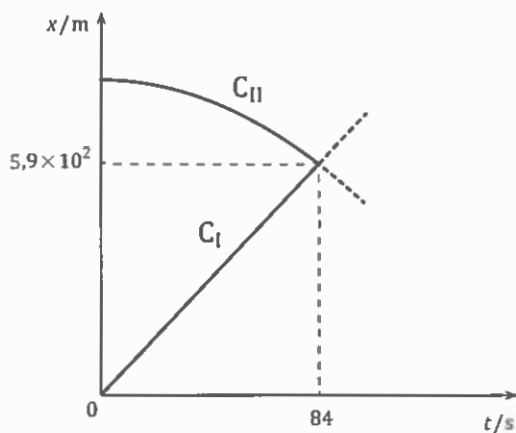
12.2. (C) Numa queda livre a partir do repouso,  $y = y_0 + \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2(y - y_0)}{g}}$ . Sendo

$$g_{\text{Lua}} = \frac{1}{6}g_{\text{Terra}}, \text{ tem-se } t_{\text{Lua}} = \sqrt{\frac{2(y - y_0)}{g_{\text{Lua}}}} \Leftrightarrow t_{\text{Lua}} = \sqrt{\frac{2(y - y_0)}{\frac{1}{6}g_{\text{Terra}}}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow t_{\text{Lua}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{6}}} \times \sqrt{\frac{2(y - y_0)}{g_{\text{Terra}}}} \Leftrightarrow t_{\text{Lua}} = \sqrt{6} \times t_{\text{Terra}}.$$

12.3. (B) Num gráfico  $v = f(t)$ , relativo a um movimento de queda livre vertical, o declive é igual ao módulo da aceleração gravítica local. Como  $g_{\text{Lua}} = \frac{1}{6}g_{\text{Terra}}$ , o declive da reta correspondente à queda livre próximo da superfície da Terra será (6 vezes) superior ao declive da reta correspondente à queda livre próximo da superfície da Lua.

13.1.



13.2. (D) O conjunto  $C_{II}$  parte de repouso, movendo-se seguidamente, com movimento retilíneo uniformemente acelerado, no sentido negativo do referencial (da direita para a esquerda), conforme representado na figura. Sendo o movimento uniformemente acelerado, os vetores aceleração e velocidade têm, necessariamente, o mesmo sentido. O vetor velocidade tem sempre o sentido do movimento, pelo que os dois vetores considerados terão o sentido negativo do referencial (da direita para a esquerda).

13.3. (C) De acordo com a equação  $x = f(t)$  apresentada, o conjunto  $C_I$  move-se com movimento retilíneo uniforme. Assim, o módulo da velocidade do conjunto  $C_I$  mantêm-se constante e, conseqüentemente, a energia cinética desse conjunto também se mantêm constante. A soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam no conjunto é nula, uma vez que essa soma é igual à variação da energia cinética do conjunto ( $W = \Delta E_c$ ).

14.1.1. (B) A figura não permite tirar qualquer conclusão sobre o instante em que os conjuntos se cruzam (os esboços representados referem-se às componentes escalares da velocidade em função do tempo, e não às componentes escalares da posição em função do tempo) – opção (A) falsa. De acordo com a figura, as componentes escalares  $v_x$  são ambas positivas, o que permite concluir que o conjunto A e o conjunto B se movem ambos no sentido positivo do referencial – opção (B) verdadeira. As distâncias percorridas pelos conjuntos A e B, no intervalo de tempo considerado, são iguais às áreas sob as respetivas curvas, que são iguais – opção (C) falsa. Como, no intervalo de tempo considerado, as variações de velocidade são, em módulo, iguais, conclui-se que os módulos das acelerações também são iguais – opção (D) falsa.

**14.1.2.** A soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas que atuam no conjunto A é igual à variação da energia mecânica do conjunto, ou seja, é igual à soma da variação da energia cinética do conjunto e da variação da energia potencial gravítica do sistema *conjunto + Terra*. No intervalo de tempo considerado, a variação da energia cinética do conjunto é positiva, uma vez que o módulo da velocidade desse conjunto aumenta. No mesmo intervalo de tempo, a variação da energia potencial gravítica do sistema *conjunto + Terra* é nula, uma vez que o conjunto se move sobre uma superfície horizontal. Consequentemente, no intervalo de tempo considerado, a soma dos trabalhos realizados pelas forças não conservativas que atuam no conjunto, sendo igual à variação da energia cinética do conjunto, é positiva, no intervalo de tempo considerado.

**14.1.3. (D)** No intervalo de tempo considerado, o módulo da velocidade do conjunto B está a diminuir, pelo que a aceleração terá o sentido contrário ao do movimento. De acordo com a 2.ª lei de Newton, a resultante das forças que atuam no conjunto tem sempre o sentido da aceleração.

**14.2.** • Cálculo do módulo da aceleração do conjunto, no intervalo de tempo considerado:

No intervalo de tempo considerado, o movimento do conjunto é uniformemente retardado.

$$\Delta x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$100 = 6,0 \times 20 - \frac{1}{2} a \times 20^2 \Leftrightarrow 100 = 120 - 200 a \Leftrightarrow a = \frac{100 - 120}{-200} = 0,100 \text{ m s}^{-2}$$

• Cálculo da intensidade da resultante das forças que atuam no conjunto, no intervalo de tempo considerado:

$$F = ma \quad F = 80 \times 0,100 = 8,0 \text{ N}$$

**14.3.** O vetor velocidade é, em cada ponto, tangente à trajetória descrita pelo conjunto. Como a trajetória é circular, o vetor velocidade muda continuamente de direção, pelo que a velocidade do conjunto não se mantém constante. Consequentemente, a aceleração (que é a taxa temporal de variação da velocidade) não é nula.

**15.1. (C)** A ação das forças dissipativas (que têm sentido oposto ao do movimento) provoca uma diminuição da intensidade da resultante das forças que atuam na criança (que tem o sentido do movimento). Assim, de acordo com a 2.ª lei de Newton, se as forças dissipativas não forem desprezáveis, o vetor aceleração terá o sentido do movimento, mas o seu módulo será menor.

**15.2.** • Determinação do módulo da aceleração da criança, na situação considerada:

A criança desce o escorrega com movimento retilíneo uniformemente acelerado.

Tendo em conta o referencial representado na figura,  $y_0 = 0 \text{ m}$ . A criança demorou 2,1 s a atingir a posição  $y = 4,0 \text{ m}$ . Assim,

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad 4,0 = 0 + 0 \times 2,1 + \frac{1}{2} a \times 2,1^2 \Leftrightarrow 4,0 = 2,21 a \Leftrightarrow a = 1,81 \text{ m s}^{-2}$$

• Determinação da intensidade da resultante das forças que atuam na criança, na situação considerada:

$$F = ma \quad F = 30 \times 1,81 = 54 \text{ N}$$

16. • Cálculo da energia mecânica inicial do sistema *paralelepípedo + Terra*:

$$m = 300 \text{ g} = 0,300 \text{ kg} \quad ; \quad h_i = 25 \text{ cm} = 0,25 \text{ m}$$

$$E_{m_i} = E_{c_i} + E_{p_i} \quad \Leftrightarrow \quad E_{m_i} = \frac{1}{2} m v_i^2 + m g h_i$$

$$E_{m_i} = \frac{1}{2} \times 0,300 \times 0^2 + 0,300 \times 10 \times 0,25 = 0,750 \text{ J}$$

- Cálculo da variação da energia cinética do sistema, entre as posições B e C:

Entre as posições B e C foi dissipada 20% da energia mecânica inicial do sistema. Assim,

$$E_{\text{dissipada}} = \frac{20}{100} \times 0,750 \text{ J} = 0,150 \text{ J}$$

Consequentemente, a energia mecânica do sistema diminuiu 0,150 J, entre as posições B e C.

$$\Delta E_m = -0,150 \text{ J}$$

Como entre as posições B e C não há variação de energia potencial gravítica do sistema (os pontos B e C encontram-se ao mesmo nível), conclui-se que a variação da energia cinética do paralelepípedo, entre essas posições, foi  $\Delta E_c = -0,150 \text{ J}$ .

- Cálculo da intensidade da resultante das forças que atuaram no paralelepípedo, no percurso BC:

$$d = 60 \text{ cm} = 0,60 \text{ m}$$

$$W_{F_{\text{res}}} = \Delta E_c \quad \Leftrightarrow \quad F_{\text{res}} d \cos \alpha = \Delta E_c$$

$$F_{\text{res}} \times 0,60 \times \cos 180^\circ = -0,150 \quad \Leftrightarrow \quad F_{\text{res}} = 0,250 \text{ N}$$

- Cálculo do módulo da aceleração do paralelepípedo, no percurso BC:

$$F = m a \quad 0,250 = 0,300 \times a \quad \Leftrightarrow \quad a = 0,83 \text{ m s}^{-2}$$

17. • Determinação, para o gráfico de  $t^2$  em função de  $d$ , da equação da reta que melhor se ajusta ao conjunto dos valores registados na tabela:

$$t^2 = 5,754 d - 4 \times 10^{-3} \text{ (SI)}$$

- Cálculo do módulo da aceleração da bola, no movimento considerado:

A bola desce o plano inclinado com movimento retilíneo uniformemente acelerado, movimento esse descrito pela equação geral  $y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ . Como a bola foi abandonada no topo do plano,  $v_0 = 0$ .

$$y = y_0 + 0 \times t + \frac{1}{2} a t^2 \quad \Leftrightarrow \quad y - y_0 = \frac{1}{2} a t^2 \quad \Rightarrow \quad d = \frac{1}{2} a t^2 \quad \Leftrightarrow \quad t^2 = \frac{2}{a} d$$

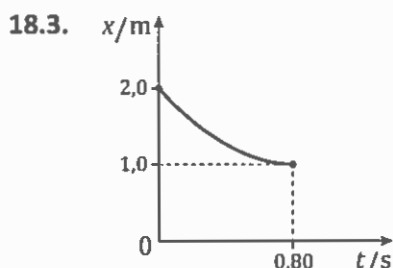
Assim, o declive da reta obtida (5,754) é igual a  $\frac{2}{a}$ .

$$\frac{2}{a} = 5,754 \quad \Leftrightarrow \quad a = \frac{2}{5,754} = 0,348 \text{ m s}^{-2}$$

- 18.1. (A) A bola sobe o plano com movimento retilíneo uniformemente retardado, pelo que os vetores velocidade e aceleração têm sentidos opostos. O vetor velocidade tem sempre o sentido do movimento.



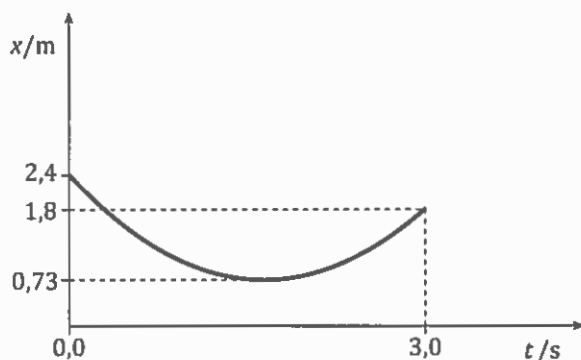
- 18.2. (D) Se as forças dissipativas forem desprezáveis, a energia mecânica do sistema *bola + Terra* mantém-se constante:  $E_{m,f} = E_{m,i}$ . Na posição de altura máxima a velocidade da bola é nula e na posição de lançamento a altura em relação à base da rampa é nula. Assim,  $E_{p,f} = E_{c,i}$
- $$\Leftrightarrow mgh_{\text{máx}} = \frac{1}{2}mv_{\text{lançamento}}^2 \Leftrightarrow h_{\text{máx}} = \frac{1}{2g}v_{\text{lançamento}}^2$$



- 19.1. 2,4 m No instante  $t=0,0$  s, a bola encontra-se na posição  $x=2,4$  m. Como a origem do referencial se situa na posição  $x=0,0$  m, a bola encontra-se a 2,4 m da origem do referencial.

- 19.2. (A) A bola move-se com movimento retilíneo uniformemente variado, descrito pelas equações gerais  $x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2}at^2$  e  $v = v_0 + at$ . De acordo com a equação  $x = f(t)$  apresentada no enunciado,  $v_0 = -2,0 \text{ m s}^{-1}$  e  $\frac{1}{2}a = 0,60 \text{ m s}^{-2} \Leftrightarrow a = 1,2 \text{ m s}^{-2}$ .

- 19.3. • Esboço do gráfico da componente escalar da posição,  $x$ , da bola em função do tempo,  $t$ , desde o instante  $t = 0,0$  s até ao instante  $t = 3,0$  s



- Determinação do valor da distância percorrida pela bola no intervalo de tempo considerado:

Desde o instante  $t = 0,0$  s até inverter o sentido do movimento, a bola percorreu 1,67 m (= 2,4 m - 0,73 m)

Desde o instante em que a bola inverteu o sentido do movimento até ao instante  $t = 3,0$  s, a bola percorreu 1,07 m (= 1,8 m - 0,73 m)

Assim, no intervalo de tempo  $[0,0; 3,0]$  s a bola percorreu  $1,67 \text{ m} + 1,07 \text{ m} = 2,7 \text{ m}$ .

20. (D) A bola cai livremente a partir do repouso, ou seja, cai com movimento retilíneo uniformemente acelerado, com aceleração de módulo  $g$ . Assim, e considerando o referencial representado, o movimento da bola pode ser descrito pela equação  $y = \frac{1}{2}gt^2$ , ou seja,  $y = \frac{1}{2} \times 10 t^2 \Leftrightarrow y = 5,0 t^2$ . Esta equação permite concluir que nos instantes  $t = 0,0$  s,  $t = 0,2$  s e  $t = 0,4$  s a bola se encontra nas posições  $y = 0,0$  m,  $y = 0,2$  m e  $y = 0,8$  m, respetivamente.

- 21.1. (B) A bola cai a partir do repouso: no instante em que é abandonada,  $v_y = 0 \text{ m s}^{-1}$ . A bola cai no sentido negativo do referencial:  $v_y < 0$ .
- 21.2. (D) Quer no movimento descendente, quer no movimento ascendente, a bola move-se sujeita unicamente à força gravítica, que se mantém constante. Assim,  $\vec{a}_d = \vec{a}_s = \vec{g}$ .
- 21.3. (D) A força exercida pela bola sobre o solo e a força exercida pelo solo sobre a bola constituem um par ação – reação, pelo que, de acordo com a 3.ª lei de Newton, têm necessariamente sentidos opostos e a mesma intensidade.
- 22.1.1. (D) A distância percorrida pela bola no intervalo de tempo  $[0,0; 0,30]$  s é igual à diferença entre a componente escalar da posição  $y$  da bola no instante  $t = 0,30$  s ( $y = 0,20 + 5,0 \times 0,30^2 = 0,65$  m) e a componente escalar da posição  $y$  da bola no instante  $t = 0,0$  s ( $y_0 = 0,20$  m). Assim,  $d = 0,65 \text{ m} - 0,20 \text{ m} = 0,45 \text{ m}$ .

- 22.1.2. No movimento de queda considerado, a bola só podia estar sujeita à força gravítica e à força de resistência do ar, pelo que o módulo da sua aceleração seria, em cada instante, dado por
- $$a = \frac{F_g - F_{\text{resistência ar}}}{m}.$$

Verifica-se que o movimento de queda da bola é descrito por uma equação do tipo  $y = y_0 + \frac{1}{2} a t^2$ , sendo  $\frac{1}{2} a = 5,0$ , ou seja, sendo  $a = 10 \text{ m s}^{-2}$ . A bola caiu, assim, com uma aceleração de módulo  $10 \text{ m s}^{-2}$ , que corresponde ao módulo da aceleração gravítica de um corpo junto à superfície da Terra, o que permite concluir que a força de resistência do ar não influenciou o movimento de queda da bola.

- 22.2. (D) Se 20% da energia mecânica do sistema se dissipa, então  $E_{m, \text{após ressalto}} = 80 \% \times E_{m, \text{antes ressalto}}$ . Pode considerar-se que a energia potencial gravítica do sistema *bola + Terra* é nula nos instantes imediatamente antes do ressalto e imediatamente após o ressalto. Assim,
- $$E_{m, \text{após ressalto}} = 0,80 \times E_{m, \text{antes ressalto}} \Leftrightarrow \frac{1}{2} m v_{\text{após ressalto}}^2 = 0,80 \times \frac{1}{2} m v^2 \Leftrightarrow$$
- $$\Leftrightarrow v_{\text{após ressalto}}^2 = 0,80 v^2 \Leftrightarrow v_{\text{após ressalto}} = \sqrt{0,80 v^2} \Leftrightarrow v_{\text{após ressalto}} = \sqrt{0,80} v.$$

23. • Equações que traduzem o movimento do elevador entre a posição B e o solo:

Uma vez que a força de travagem é constante, o elevador move-se com movimento retilíneo uniformemente retardado entre a posição B e o solo. Assim, o seu movimento será traduzido pelas equações gerais  $y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$  e  $v = v_0 + at$ .

Como o elevador está a descer,  $\vec{v}_0 = \vec{v}_B$  tem sentido de cima para baixo, pelo que, de acordo com o referencial representado,  $v_0 = -30,3 \text{ m s}^{-1}$ .

Uma vez que o elevador está a travar, a aceleração tem sentido contrário ao da velocidade, pelo que  $a = 20 \text{ m s}^{-2}$ .

Assim,  $y = y_0 - 30,3 t + \frac{1}{2} \times 20 t^2 \Leftrightarrow y = y_0 - 30,3 t + 10 t^2$  e  $v = -30,3 + 20 t$  (SI)

- Determinação do tempo que o elevador demora a percorrer a distância entre o ponto B e o solo:

Como o elevador chega ao solo com velocidade nula ( $v = 0$ ),

$$0 = -30,3 + 20 t \Leftrightarrow t = \frac{30,3}{20} = 1,52 \text{ s}$$

- Determinação da distância a que o ponto B se encontra do solo:

distância a que o ponto B se encontra do solo =  $|y - y_0|$

$$y = y_0 - 30,3 t + 10 t^2 \Leftrightarrow y - y_0 = -30,3 t + 10 t^2$$

Como o elevador demora 1,52 s a percorrer a distância entre o ponto B e o solo,

$$y - y_0 = -30,3 \times 1,52 + 10 \times 1,52^2 \Leftrightarrow y - y_0 = -23 \text{ m}$$

O ponto B encontra-se a 23 m do solo.

#### 24.1. (D)

- 24.2. As forças que atuam sobre o objeto são o peso, cuja intensidade se mantém constante durante a queda, e a resistência do ar, cuja intensidade aumenta durante a queda. Como essas forças têm sentidos opostos, a intensidade da resultante das forças e, conseqüentemente, o módulo da aceleração diminuem à medida que a intensidade da resistência do ar aumenta, tornando-se nulos quando a intensidade da resistência do ar iguala a intensidade do peso. Assim, o objeto adquire inicialmente um movimento acelerado, passando depois a mover-se com movimento uniforme.

- 24.3. • Determinação do módulo da velocidade com que o bloco atinge o ponto B:

Sendo o atrito desprezável no percurso AB, a energia mecânica do sistema conserva-se.

$$E_{m_A} = E_{m_B} \Leftrightarrow \frac{1}{2} m v_A^2 + m g h_A = \frac{1}{2} m v_B^2 + m g h_B$$

$v_A = 0$ ,  $h_B = 0$  e  $h_A = 30 \text{ cm} = 0,30 \text{ m}$  logo,

$$\frac{1}{2} m v_B^2 = m g h_A \Leftrightarrow \frac{1}{2} \frac{m v_B^2}{m} = \frac{m g h_A}{m} \Leftrightarrow \frac{1}{2} v_B^2 = g h_A \Leftrightarrow v_B = \sqrt{2 g h_A}$$

$$v_B = \sqrt{2 \times 10 \times 0,30} = 2,45 \text{ m s}^{-1}$$

- Determinação do módulo da aceleração do bloco no percurso BC:

$$m = 100 \text{ g} = 0,100 \text{ kg}$$

No trecho BC a resultante das forças que atuam sobre o bloco é igual à força de atrito. Assim,

$$F = m a \quad 0,50 = 0,100 a \Leftrightarrow a = \frac{0,50}{0,100} = 5,00 \text{ m s}^{-2}$$

- Determinação do tempo que o bloco demora a percorrer o trecho BC:

O bloco percorre esse trecho com movimento retilíneo uniformemente retardado. Considerando um referencial unidimensional horizontal e com sentido positivo de B para C, a componente escalar da aceleração será  $a = -5,00 \text{ m s}^{-2}$ .

$$v_C = v_B + a t \quad 0 = 2,45 - 5,00 t \Leftrightarrow t = \frac{-2,45}{-5,00} = 0,49 \text{ s}$$

**25.1.1. (B)** A distância percorrida por um corpo nunca pode diminuir ao longo do tempo, o que elimina imediatamente as opções **(A)** e **(C)**. De acordo com o gráfico  $y = f(t)$  fornecido no enunciado, no intervalo de tempo  $[0,00; 0,45]$  s o objeto de papel esteve parado na posição  $y = 1,20$  m. Assim, nesse intervalo de tempo, a distância percorrida pelo objeto de papel foi nula, o que elimina imediatamente a opção **(D)**. A opção **(B)** está de acordo com o gráfico  $y = f(t)$ : num primeiro intervalo de tempo a distância percorrida foi nula, seguidamente essa distância vai aumentando ao longo do tempo (intervalo de tempo em que o objeto de papel cai), e, num último intervalo de tempo, essa distância passa a ser constante (intervalo de tempo em que o objeto de papel fica parado no solo).

**25.1.2. (C)** No intervalo de tempo considerado, o módulo da velocidade do objeto de papel mantém-se constante (o declive da tangente à curva  $y = f(t)$  mantém-se constante, nesse intervalo de tempo). Assim, nesse intervalo de tempo, a resultante das forças aplicadas no objeto de papel é nula, ou seja, a força de resistência do ar é simétrica da força gravítica (tem sentido oposto e a mesma intensidade).

**25.1.3. 1.ª Resolução:**

- Determinação da variação da energia cinética do objeto de papel no intervalo de tempo considerado:

O gráfico mostra que, no intervalo de tempo  $[0,90; 1,30]$  s, o objeto de papel cai com velocidade de módulo constante (o objeto de papel percorre distâncias iguais em intervalos de tempo iguais). Assim, nesse intervalo de tempo, a energia cinética mantém-se constante, pelo que  $\Delta E_c = 0$ .

- Determinação da variação da energia potencial gravítica do sistema *objeto de papel + Terra* no intervalo de tempo considerado:

A análise do gráfico mostra que o eixo  $Oy$  do referencial unidimensional considerado tem origem no solo e sentido positivo de baixo para cima. Assim, a componente escalar da posição,  $y$ , é igual à altura a que o objeto se encontra do solo.

Componente escalar da posição,  $y$ , no instante  $t = 0,90$  s  $\rightarrow 0,76$  m

Componente escalar da posição,  $y$ , no instante  $t = 1,30$  s  $\rightarrow 0,20$  m

$$\Delta E_p = E_{p_f} - E_{p_i} \quad \Leftrightarrow \quad \Delta E_p = m g h_f - m g h_i$$

$$m = 0,23 \text{ g} = 2,3 \times 10^{-4} \text{ kg}$$

$$\Delta E_p = 2,3 \times 10^{-4} \times 10 \times 0,20 - 2,3 \times 10^{-4} \times 10 \times 0,76 \quad \Leftrightarrow \quad \Delta E_p = -1,29 \times 10^{-3} \text{ J}$$

- Determinação da energia dissipada pelo sistema *objeto de papel + Terra* no intervalo de tempo considerado:

$$E_{\text{dissipada}} = |\Delta E_m| \quad \text{e} \quad \Delta E_m = \Delta E_c + \Delta E_p$$

$$E_{\text{dissipada}} = |0 + (-1,29 \times 10^{-3})| \quad E_{\text{dissipada}} = 1,3 \times 10^{-3} \text{ J}$$

**2.ª Resolução:**

- Determinação do trabalho realizado pela força gravítica, que atua no objeto de papel, no intervalo de tempo considerado:

$$W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_p \quad W_{\vec{F}_g} = -(-1,29 \times 10^{-3}) = 1,29 \times 10^{-3} \text{ J}$$

[NOTA: ver o cálculo de  $\Delta E_p$  na 1.ª resolução]

- Determinação do trabalho realizado pela força de resistência do ar, que atua no objeto de papel, no intervalo de tempo considerado:

No intervalo de tempo considerado, a energia cinética do objeto de papel mantém-se constante [ver 1.ª resolução], pelo que  $\Delta E_c = 0$ . Conclui-se, assim, que a soma dos trabalhos realizados pelas forças que atuam no objeto, nesse intervalo de tempo, é nula.

O objeto de papel cai sujeito apenas à força gravítica e à força de resistência do ar.

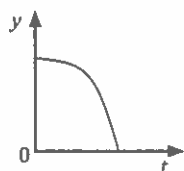
$$W_{\vec{F}_g} + W_{\vec{F}_{ar}} = 0 \quad 1,29 \times 10^{-3} + W_{\vec{F}_{ar}} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad W_{\vec{F}_{ar}} = -1,29 \times 10^{-3} \text{ J}$$

- Determinação da energia dissipada pelo sistema *objeto de papel + Terra* no intervalo de tempo considerado:

$$E_{\text{dissipada}} = |W_{\vec{F}_{nc}}|$$

Como a única força não conservativa a atuar no objeto de papel é a força de resistência do ar,

$$E_{\text{dissipada}} = |W_{\vec{F}_{ar}}| = 1,3 \times 10^{-3} \text{ J}$$

**25.2.1.**

- 25.2.2. (B)** O objeto de papel cai a partir do repouso: no instante em que é abandonado  $v_{0y} = 0 \text{ m s}^{-1}$ . O objeto de papel cai livremente no sentido negativo do referencial:  $a_y = g = -10 \text{ m s}^{-2}$ . Assim, sendo  $v = v_{0y} + at$ , tem-se  $v = -10t$ .

- 25.2.3. (D)** O movimento de queda livre do objeto de papel pode ser descrito por uma equação do tipo  $y = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}at^2$ . Tendo em conta as condições iniciais do movimento e o referencial considerado, o tempo de queda do objeto pode ser calculado a partir da equação  $0,00 = 1,20 - \frac{1}{2}gt^2$ . Se a altura da qual o objeto é abandonado se reduzir a metade, ter-se-á  $0,00 = \frac{1,20}{2} - \frac{1}{2}gt^2 \Leftrightarrow \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1,20}{2} \Leftrightarrow gt^2 = 1,20 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{1,20}{g}}$ .

25.2.4. (A) Como a esfera e o objeto de papel caem livremente, há conservação da energia mecânica:

$E_{m_i} = E_{m_f}$ , ou seja,  $mgh_i + \frac{1}{2}mv_i^2 = mgh_f + \frac{1}{2}mv_f^2$ . Dividindo toda a equação por  $m$ , substituindo  $v_i$  por zero (partem do repouso) e  $h_f$  por zero (chegam ao solo), obtém-se  $gh_i = \frac{1}{2}v_f^2 \Leftrightarrow v_f^2 = 2gh_i \Rightarrow v_f = \sqrt{2gh_i}$ . Esta expressão mostra que o módulo da velocidade com que a esfera e o objeto de papel chegam ao solo não depende das respetivas massas, mas apenas da altura a que são abandonados. Como são abandonados à mesma altura, chegam ao solo com velocidades de igual módulo. Mas, para velocidades de igual módulo, a energia cinética é tanto maior, quanto maior for a massa do corpo ( $E_{c_f} = \frac{1}{2}mv_f^2$ ), pelo que a esfera chega ao solo com energia cinética maior.

26.1. De acordo com o gráfico, no intervalo de tempo  $[0, t_1]$  o módulo da velocidade da gota de água aumenta, mas com uma aceleração cada vez menor. Assim, nesse intervalo de tempo a gota de água move-se com movimento retilíneo acelerado.

No intervalo de tempo  $[t_1, t_2]$  o módulo da velocidade da gota mantém-se constante. Assim, nesse intervalo de tempo o movimento da gota é retilíneo e uniforme.

De acordo com o gráfico, no intervalo de tempo  $[0, t_1]$  o módulo da velocidade da gota aumenta, o que permite concluir que a resultante das forças que atuam sobre a gota de água tem a direção e o sentido do movimento. Como o módulo da aceleração diminui ao longo desse intervalo de tempo, conclui-se que a intensidade da resultante das forças também diminui nesse intervalo de tempo.

No intervalo de tempo  $[0, t_1]$  atuam sobre a gota de água a força gravítica, que se mantém constante, e a força de resistência do ar. Sabendo que estas forças têm sentidos opostos e que a intensidade da sua resultante diminui ao longo desse intervalo de tempo, conclui-se que a intensidade da força de resistência do ar aumenta nesse intervalo de tempo.

26.2. (C) De acordo com o gráfico, no intervalo de tempo  $[t_1; t_2]$  o módulo da velocidade da gota de água mantém-se constante, pelo que a energia cinética da gota também se mantém constante. Mas, como a gota está a cair, a energia potencial gravítica do sistema *gota + Terra* diminui, pelo que a energia mecânica desse sistema diminui.

26.3. • Equações que traduzem o movimento da gota de água:

Uma vez que se fez previamente o vácuo, a resistência do ar é praticamente nula e a gota cai unicamente sujeita à força gravítica. Assim, e tendo em conta o referencial considerado, o seu movimento será traduzido pelas equações gerais  $y = y_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$  e  $v = v_0 + at$ , com  $a = -10 \text{ m s}^{-2}$ .

Como  $v_0 = 0 \text{ m s}^{-1}$  e  $y_0 = 1,70 \text{ m}$ , tem-se  $v = -10t$  (SI) e  $y = 1,70 - 5,0t^2$  (SI)

• Determinação do instante em que a gota chega à base da coluna, isto é, à posição  $y = 0 \text{ m}$  :

$$0 = 1,70 - 5,0t^2 \Leftrightarrow 5,0t^2 = 1,70 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{1,70}{5,0}} = 0,583 \text{ s}$$

• Determinação da componente escalar da velocidade com que a gota chega à base da coluna:

$$v = -10 \times 0,583 = -5,8 \text{ m s}^{-1}$$

27.1. Movimento de translação.

27.2. (C) Quando a resultante das forças que atuam no conjunto tem o sentido contrário ao do movimento, o módulo da velocidade do conjunto diminui.

27.3. (A)  $\Delta E_c = E_{c,f} - E_{c,i} \Rightarrow \Delta E_c = \frac{1}{2} \times 100 \times 10^2 - \frac{1}{2} \times 100 \times 50^2 = -1,2 \times 10^5 \text{ J}$

27.4. (C) De acordo com o gráfico, no intervalo de tempo  $[45; 60] \text{ s}$  o sistema *paraquedista + paraquedas* moveu-se com uma velocidade de módulo constante ( $10 \text{ m s}^{-1}$ ). Assim, as opções (A) e (B) são falsas (o sistema esteve em movimento, com aceleração nula). Sobre o sistema atuaram a força gravítica e a força de resistência do ar, pelo que a opção (D) é falsa. Como o módulo da velocidade se manteve constante, a distância percorrida pelo sistema pode ser calculada pela expressão  $d = v\Delta t$ , pelo que  $d = 10 \times (60 - 45) = 150 \text{ m}$ .

27.5. No intervalo de tempo  $[20; 35] \text{ s}$ , a força gravítica (que é sempre vertical, com sentido de cima para baixo) fez um ângulo de  $0^\circ$  com o deslocamento, uma vez que o sistema *paraquedista + paraquedas* estava a descer. Assim, sendo  $W = mgd \cos \alpha > 0$ , conclui-se que o trabalho realizado pela força gravítica foi positivo, no intervalo de tempo considerado.

27.6. No sistema *paraquedista + paraquedas* atuaram a força gravítica, com o sentido do movimento, e a força de resistência do ar, com sentido contrário ao do movimento.

O gráfico mostra que, no intervalo de tempo  $[0, 15] \text{ s}$ , o módulo da aceleração do sistema diminuiu, uma vez que o declive da tangente à curva  $v - t$  é cada vez menor, pelo que, de acordo com a 2.ª lei de Newton, a intensidade da resultante das forças que atuaram no sistema também diminuiu. Assim, sendo a força gravítica constante, conclui-se que a intensidade da força de resistência do ar aumentou, no intervalo de tempo considerado.

28.1. (C) Entre os pontos A e B, nunca ocorre inversão do sentido do movimento do barco, o que elimina imediatamente as opções (A) e (B). Na opção (D), há um intervalo de tempo em que o barco permanece na mesma posição, ou seja está parado, o que não está de acordo com a imagem estroboscópica apresentada. A opção (C) é a única que é consistente com o facto de o barco se afastar sempre da origem do referencial ( $x$  aumenta sempre), primeiro com uma velocidade cujo módulo aumenta ao longo do tempo (o declive da tangente à curva  $x = f(t)$  aumenta), depois com uma velocidade de módulo aproximadamente constante (o declive da tangente à curva  $x = f(t)$  é constante) e finalmente com uma velocidade cujo módulo diminui ao longo do tempo (o declive da tangente à curva  $x = f(t)$  diminui).

28.2.1. O período do movimento dos satélites do sistema GPS é de 12 horas, enquanto o dos satélites geoestacionários é de 24 horas (igual ao período de rotação da Terra). Assim, os satélites do sistema GPS não são geoestacionários.

28.2.2. (D) O período do movimento,  $T$ , é de 12 h, ou seja, de  $(12 \times 3600) \text{ s}$ . Então,

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Rightarrow \omega = \frac{2\pi}{(12 \times 3600)} \text{ rad s}^{-1}.$$

28.2.3. • Determinação do raio da órbita do satélite:

$$T = 12 \text{ h} = (12 \times 3600) \text{ s} = 4,32 \times 10^4 \text{ s}$$

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad 3,87 \times 10^3 = \frac{2\pi r}{4,32 \times 10^4} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow r = \frac{3,87 \times 10^3 \times 4,32 \times 10^4}{2\pi} \Leftrightarrow r = 2,66 \times 10^7 \text{ m}$$

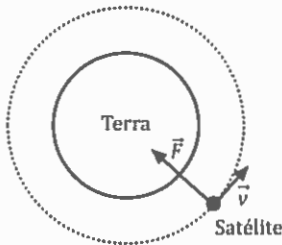
• Determinação do tempo que o sinal eletromagnético demora a chegar ao recetor:

Distância do satélite ao recetor = raio da órbita – raio da Terra

Um sinal eletromagnético propaga-se no ar com velocidade praticamente constante e igual a  $3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ . Assim,

$$v = \frac{d}{t} \Leftrightarrow t = \frac{d}{v} \quad t = \frac{2,66 \times 10^7 - 6,4 \times 10^6}{3,00 \times 10^8} = 6,7 \times 10^{-2} \text{ s}$$

29.1.



29.2. (D)  $v = \frac{2\pi r}{T} \Rightarrow v = \frac{2\pi \times 7,0 \times 10^6}{5,76 \times 10^3} \text{ m s}^{-1}$

29.3. (A) De acordo com a lei da gravitação universal  $\left(F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}\right)$ , a intensidade da força que a Terra exerce sobre o satélite é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre o centro de massa da Terra e o centro de massa do satélite. Assim, se a distância duplicasse a intensidade da força diminuiria para  $\frac{1}{2^2}$ , ou seja, para  $\frac{1}{4}$ . Se a distância se reduzisse a metade, a intensidade da força aumentaria  $2^2$  vezes, ou seja, quadruplicaria.

30. • Determinação do raio da órbita do satélite:

$$r_{\text{órbita}} = r_{\text{Terra}} + h$$

$$h = 705 \text{ km} = 705 \times 10^3 \text{ m} = 7,05 \times 10^5 \text{ m}$$

$$r_{\text{órbita}} = 6,4 \times 10^6 \text{ m} + 7,05 \times 10^5 \text{ m} = 7,1 \times 10^6 \text{ m}$$

• Determinação do módulo da velocidade orbital do satélite:

$$v = \sqrt{\frac{Gm_{\text{Terra}}}{r_{\text{órbita}}}}$$

$$v = \sqrt{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,98 \times 10^{24}}{7,1 \times 10^6}} = 7,50 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$$

• Determinação do período do movimento do satélite:

$$v = \frac{2\pi r_{\text{órbita}}}{T} \Leftrightarrow T = \frac{2\pi r_{\text{órbita}}}{v}$$

$$T = \frac{2\pi \times 7,1 \times 10^6}{7,50 \times 10^3} \Leftrightarrow T = 5,95 \times 10^3 \text{ s}$$



- Determinação do número de órbitas completas descritas pelo satélite em 24 h:

O satélite demora  $5,95 \times 10^3$  s a descrever uma órbita completa.

$$24 \text{ h} = (24 \times 3600) \text{ s} = 8,64 \times 10^4 \text{ s}$$

$$\frac{1 \text{ órbita}}{5,95 \times 10^3 \text{ s}} = \frac{n \text{ órbitas}}{8,64 \times 10^4 \text{ s}} \Leftrightarrow n = 14,5$$

O satélite descreve 14 órbitas completas em 24 h.

- 31.1. (B)** Na atmosfera da Terra, o módulo da velocidade de um sinal eletromagnético é aproximadamente constante e igual a  $3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ . Como, num movimento uniforme,  $v = \frac{d}{\Delta t}$ , tem-se  $\Delta t = \frac{d}{v}$ . Assim, para percorrer  $3,6 \times 10^4 \text{ km} = 3,6 \times 10^4 \times 10^3 \text{ m}$  o sinal eletromagnético demora  $\frac{3,6 \times 10^4 \times 10^3}{3,00 \times 10^8} \text{ s}$ .

- 31.2.** ▪ Determinação do módulo da aceleração do satélite, partindo da 2.ª lei de Newton e da lei da gravitação universal:

Admitindo que o satélite está unicamente sujeito à força gravítica exercida pela Terra, tem-se, de acordo com a 2.ª lei de Newton,

$$F_g = m_{\text{satélite}} a_c$$

Mas, de acordo com a lei da gravitação universal,

$$F_g = G \frac{m_{\text{Terra}} m_{\text{satélite}}}{r^2}$$

Assim,

$$m_{\text{satélite}} a_c = G \frac{m_{\text{terra}} m_{\text{satélite}}}{r^2} \Leftrightarrow a_c = G \frac{m_{\text{terra}}}{r^2}$$

$r = \text{altitude} + \text{raio da Terra}$  sendo  $\text{altitude} = 3,6 \times 10^4 \text{ km} = 3,6 \times 10^7 \text{ m}$

$$r = 3,6 \times 10^7 \text{ m} + 6,4 \times 10^6 \text{ m} = 4,24 \times 10^7 \text{ m}$$

$$a_c = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{5,98 \times 10^{24}}{(4,24 \times 10^7)^2} \Leftrightarrow a_c = 0,222 \text{ m s}^{-2}$$

- Determinação do módulo da velocidade do satélite:

$$a_c = \frac{v^2}{r} \quad 0,222 = \frac{v^2}{4,24 \times 10^7} \Leftrightarrow v^2 = 0,222 \times 4,24 \times 10^7 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{9,41 \times 10^6} = 3,07 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$$

- Determinação do período do movimento do satélite:

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad 3,07 \times 10^3 = \frac{2\pi \times 4,24 \times 10^7}{T} \Leftrightarrow T = \frac{2\pi \times 4,24 \times 10^7}{3,07 \times 10^3} \Leftrightarrow$$

$$T = 8,7 \times 10^4 \text{ s} = 24 \text{ h}$$

32.1. • Determinação do módulo da velocidade do satélite:

$$T = 101 \text{ minutos} = (101 \times 60) \text{ s} = 6,06 \times 10^3 \text{ s}$$

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad v = \frac{2\pi \times 7,2 \times 10^6}{6,06 \times 10^3} = 7,46 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$$

• Determinação do módulo da aceleração do satélite:

$$a_c = \frac{v^2}{r} \quad a_c = \frac{(7,46 \times 10^3)^2}{7,2 \times 10^6} = 7,73 \text{ m s}^{-2}$$

• Determinação da intensidade da força gravítica que atuava no satélite na órbita considerada:

$$F_{g_{\text{órbita}}} = m a_c \quad F_{g_{\text{órbita}}} = 50 \times 7,73 = 3,9 \times 10^2 \text{ N}$$

• Comparação da intensidade da força gravítica que atuava no satélite na órbita considerada com a intensidade da força gravítica à superfície da Terra:

$$F_{g_{\text{Terra}}} = m g \quad F_{g_{\text{Terra}}} = 50 \times 10 = 5,0 \times 10^2 \text{ N}$$

$$\frac{F_{g_{\text{órbita}}}}{F_{g_{\text{Terra}}}} = \frac{3,9 \times 10^2 \text{ N}}{5,0 \times 10^2 \text{ N}} \approx \frac{4}{5}$$

32.2. (C) O módulo da velocidade de um satélite em órbita em torno da Terra é  $v = \sqrt{\frac{Gm_{\text{Terra}}}{r_{\text{órbita}}}}$ . Esta expressão mostra que o módulo da velocidade do satélite é independente da massa do satélite, mas depende do raio da órbita.

33.1. A direção do vetor velocidade é, em cada ponto, tangente à trajetória descrita pelo telescópio. Como a trajetória é circular, a direção da velocidade é diferente em cada ponto, pelo que a velocidade do telescópio não é constante. Assim, a aceleração do telescópio não é nula.

33.2. • Determinação do módulo da velocidade do telescópio:

$$r_{\text{órbita}} = 5,9 \times 10^2 \text{ km} + 6,4 \times 10^3 \text{ km} \Leftrightarrow r_{\text{órbita}} = 6,99 \times 10^3 \text{ km} = 6,99 \times 10^6 \text{ m}$$

$$v = \sqrt{\frac{G m_{\text{T}}}{r_{\text{órbita}}}} \quad v = \sqrt{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,98 \times 10^{24}}{6,99 \times 10^6}} = 7,55 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$$

• Determinação do tempo que o telescópio demora a descrever uma órbita completa:

tempo que o telescópio demora a descrever uma órbita completa = período

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad 7,55 \times 10^3 = \frac{2\pi \times 6,99 \times 10^6}{T} \Leftrightarrow T = \frac{2\pi \times 6,99 \times 10^6}{7,55 \times 10^3} = 5,8 \times 10^3 \text{ s}$$

34. (D) A força que a Lua exerce no módulo de comando e a força que o módulo de comando exerce na Lua constituem um par ação-reação, pelo que essas forças têm necessariamente a mesma intensidade.

35.1. (C) A energia potencial gravítica do sistema *bola + Terra* mantém-se constante, uma vez que a bola roda num mesmo plano horizontal. Sendo nula a variação da energia potencial gravítica do sistema *bola + Terra*, o trabalho realizado pela força gravítica que atua na bola também o será ( $W_{\vec{F}_g} = -\Delta E_p$ ).

35.2. • Cálculo do módulo da velocidade angular da bola:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \omega = \frac{2\pi}{1,0} \Leftrightarrow \omega = 6,28 \text{ rad s}^{-1}$$

• Cálculo do módulo da aceleração da bola:

$$a_c = \omega^2 r \quad a_c = 6,28^2 \times 0,30 \Leftrightarrow a_c = 11,8 \text{ m s}^{-2}$$

• Cálculo da intensidade da resultante das forças que atuam na bola:

$$m = 57,0 \text{ g} = 57,0 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$F = m a \quad F = 57,0 \times 10^{-3} \times 11,8 \Leftrightarrow F = 0,67 \text{ N}$$

36.1. (C) De acordo com a 2.<sup>a</sup> lei de Newton ( $F = ma$ ), a intensidade da resultante das forças que atuam na bola é diretamente proporcional ao módulo da aceleração da bola.

36.2. • Determinação do módulo da velocidade angular da bola no movimento considerado:

A imagem estroboscópica mostra que a bola percorre distâncias iguais em intervalos de tempo iguais, ou seja, que a bola se move com velocidade de módulo constante (movimento circular uniforme). O período desse movimento é

$$T = 8 \times 4,0 \times 10^{-2} \text{ s} = 3,20 \times 10^{-1} \text{ s}$$

Assim,

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \omega = \frac{2\pi \text{ rad}}{3,20 \times 10^{-1} \text{ s}} = 19,6 \text{ rad s}^{-1}$$

• Determinação do módulo da aceleração da bola no movimento considerado:

$$a = \omega^2 r \quad a = 19,6^2 \times 0,30 = 1,2 \times 10^2 \text{ m s}^{-2}$$

37.1. (A)  $\frac{4 \text{ rotações}}{1 \text{ min}} = \frac{4 \text{ rotações}}{60 \text{ s}} = \frac{1 \text{ rotação}}{15 \text{ s}} \Rightarrow T = 15 \text{ s}$ . Como  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ , obtém-se

$$\omega = \frac{2\pi}{15} \text{ rad s}^{-1}.$$

37.2. Os períodos dos movimentos dos cavalinhos A e B são iguais uma vez que esses cavalinhos descrevem uma circunferência completa no mesmo intervalo de tempo. Consequentemente, os cavalinhos A e B movem-se com velocidades angulares,  $\omega$ , iguais.

Sendo, para o movimento circular uniforme,  $a_c = \omega^2 r$ , a aceleração será tanto maior quanto maior for o raio da circunferência descrita.

Sendo o raio da circunferência descrita pelo cavalinho A maior do que o raio da circunferência descrita pelo cavalinho B, conclui-se que a aceleração do cavalinho A é maior do que a aceleração do cavalinho B.

38.1. (A)  $f = \frac{50 \text{ rotações}}{1 \text{ min}} = \frac{50 \text{ rotações}}{60 \text{ s}}$ . Como  $\omega = 2\pi f$ , obtém-se  $\omega = \left(2\pi \times \frac{50}{60}\right) \text{ rad s}^{-1}$ .

38.2. (A) No movimento circular uniforme,  $a = \omega^2 r$ . Como  $\omega$  é independente do raio da trajetória, conclui-se que o módulo da aceleração é tanto maior, quanto maior for o raio da trajetória. Como o ponto P descreve uma trajetória de maior raio, o módulo da sua aceleração será superior ao módulo da aceleração do ponto Q.

**39.1.1.** A esfera demorou apenas  $12,3 \times 10^{-3}$  s a passar em frente à célula Y. Como este intervalo de tempo é muito pequeno, pode-se considerar que a velocidade da esfera se manteve praticamente constante enquanto esta passou em frente à célula Y. É, assim, possível calcular um valor aproximado dessa velocidade com uma expressão relativa a um movimento retilíneo uniforme.

**39.1.2.** • Determinação do valor mais provável do tempo que a esfera demora a percorrer a distância entre as células X e Y:

$$\Delta \bar{t}_{\text{queda}} = \frac{0,2279 + 0,2268 + 0,2270}{3} = 0,2272 \text{ s}$$

• Determinação do valor aproximado da velocidade com que a esfera passa na célula Y:

$$d = 2,860 \text{ cm} = 2,860 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$v_Y = \frac{d}{\Delta t_Y} \quad v_Y = \frac{2,860 \times 10^{-2} \text{ m}}{12,3 \times 10^{-3} \text{ s}} = 2,325 \text{ m s}^{-1}$$

• Determinação do valor experimental da aceleração da gravidade:

$$a = \frac{v_Y - v_X}{\Delta t_{\text{queda}}} \quad a = \frac{2,325 - 0}{0,2272} = 10,2 \text{ m s}^{-2}$$

**39.2. (D)**

**40.1.1. (D)**

Ensaio	$t_B$ / ms	Módulo do desvio em relação ao valor médio = $ t_B - 8,80 $ / ms
1.º	8,84	0,04
2.º	8,78	0,02
3.º	8,79	0,01

A incerteza de leitura do cronómetro digital (0,01 ms) é inferior ao maior desvio, em módulo, em relação ao valor médio (0,04 ms), pelo que se deve tomar para incerteza absoluta 0,04 ms.

**40.1.2.1.** Considera-se que a velocidade da esfera é aproximadamente constante, no intervalo de tempo  $t_B$ .

**40.1.2.2. (A)** Na experiência descrita,  $v_B$  é calculado dividindo o diâmetro da esfera,  $d$ , por  $t_B$ :  $v_B = \frac{d}{t_B}$ .

O diâmetro da esfera é sempre o mesmo (o valor medido não depende do modo como a esfera interrompe o feixe luminoso). Se a esfera interromper o feixe por uma dimensão inferior ao seu diâmetro, o tempo de interrupção do feixe,  $t_B$ , é inferior ao que deveria ser. Assim, o valor de  $v_B$  calculado será superior ao verdadeiro. Consequentemente, o valor experimental do módulo da aceleração gravítica, calculado pela expressão  $g = \frac{v_B - v_A}{t_{A-B}}$  também será superior ao verdadeiro.

**40.1.3.** Considera-se que essa velocidade é nula.

40.2. • Determinação do módulo da aceleração gravítica obtido na experiência:

Admite-se que a esfera cai livremente a partir do repouso. Assim,

$$\Delta y = \frac{1}{2}gt^2 \Leftrightarrow t^2 = \frac{2}{g}\Delta y$$

Esta expressão mostra que o declive da reta de ajuste ao gráfico de  $t^2_{A \rightarrow B}$  em função de  $\Delta y$  é igual a  $\frac{2}{g}$ , pelo que

$$\frac{2}{g} = 0,198 \Leftrightarrow g = \frac{2}{0,198} = 10,1 \text{ m s}^{-2}$$

• Determinação do erro percentual do módulo da aceleração gravítica obtido na experiência:

$$\text{erro percentual}(\%) = \frac{(10,1 - 9,8) \text{ m s}^{-2}}{9,8 \text{ m s}^{-2}} \times 100\% = 3\%$$

41.1. (C) Antes de o corpo P embater no solo, a resultante das forças que atuam no carrinho tem o sentido do movimento, pelo que o módulo da velocidade do carrinho aumenta. Depois do embate do corpo P com o solo, a resultante das forças que atuam no carrinho é nula, pelo que o módulo da velocidade do carrinho passa a ser constante.

41.2. Para que, a partir de um determinado instante, a força exercida pelo fio sobre o carrinho fosse nula.

41.3. Antes do embate do corpo P com o solo, atuavam no carrinho a força gravítica, a força normal exercida pela superfície de apoio e a força exercida pelo fio. Depois do embate do corpo P com o solo, continuaram a atuar no carrinho a força gravítica e a força normal exercida pela superfície de apoio. No intervalo de tempo  $[0,1; 1,1]$  s, o movimento do carrinho foi retilíneo uniformemente acelerado, e, no intervalo de tempo  $[1,2; 2,0]$  s, o movimento foi retilíneo uniforme.

Depois do embate do corpo P com o solo, embora a resultante das forças exercidas sobre o carrinho fosse nula, verificou-se que o carrinho continuava em movimento. Pode assim concluir-se que um corpo se mantém em movimento quando a resultante do sistema de forças que sobre ele atua é nula.

42.1. (C) A força gravítica e a força de reação normal exercida pela calha são as únicas forças que atuam no carrinho na direção vertical. Como o carrinho se move na horizontal, essas forças têm necessariamente de se anular (equilibrar). Atuando essas forças no mesmo corpo (o carrinho), não podem constituir um par ação-reação.

42.2.1.  $\vec{T}$  [ou tensão ou força exercida pelo fio ou equivalente]



$\vec{P}_g$  [ou  $\vec{P}$  ou força gravítica ou peso ou equivalente]

**42.2.2.** • Determinação do módulo da aceleração do carrinho enquanto o fio esteve sob tensão:

Enquanto o fio esteve sob tensão, o módulo da aceleração do carrinho manteve-se constante. Assim,

$$a = a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Por leitura do gráfico:

– módulo da velocidade do carrinho no instante  $t = 0,60 \text{ s} \rightarrow v = 0,356 \text{ m s}^{-1}$

– módulo da velocidade do carrinho no instante  $t = 1,10 \text{ s} \rightarrow v = 0,556 \text{ m s}^{-1}$

$$a = \frac{0,556 - 0,356}{1,10 - 0,60} = 0,400 \text{ m s}^{-2}$$

(Nota: na determinação do módulo da aceleração do carrinho pode ser usado qualquer outro intervalo de tempo, desde que contido no intervalo  $[0,10; 1,30] \text{ s}$ .)

- Determinação da intensidade da resultante das forças que atuaram no carrinho enquanto o fio esteve sob tensão:

$$F_{\text{res}} = ma$$

$$m = 200,07 \text{ g} = 0,20007 \text{ kg}$$

$$F_{\text{res}} = 0,20007 \times 0,400 = 8,0 \times 10^{-2} \text{ N}$$

**42.2.3.** Os resultados experimentais obtidos mostram que, a partir do instante em que o corpo C embateu no solo, o módulo da velocidade do carrinho se manteve aproximadamente constante. Assim, a partir desse instante, a aceleração do carrinho passou a ser nula e, conseqüentemente, a resultante das forças aplicadas no carrinho também passou a ser nula.

Depois do embate do corpo C com o solo, o fio deixou de exercer força no carrinho, pelo que este passou a ser atuado apenas pela força gravítica, pela força normal e pelas forças de atrito. Como, na situação considerada, a força gravítica e a força normal se anulam, a resultante das forças aplicadas no carrinho coincide com a resultante das forças de atrito.

Os resultados experimentais obtidos permitem, assim, concluir que a resultante das forças de atrito aplicadas no carrinho foi desprezável.

# **RESOLUÇÕES**

## **FÍSICA 11.º ANO**

**DOMÍNIO:**  
**Ondas e eletromagnetismo**

1.1. A onda que se propaga na mola é longitudinal uma vez que as espiras vibram paralelamente à direção de propagação da onda.

1.2. (D) Se o movimento da mão for mais rápido, o número de oscilações por segundo aumenta, ou seja, a frequência da oscilação aumenta. Como o período é o inverso da frequência, um aumento da frequência implica uma diminuição do período.

1.3. (C) Numa oscilação completa, a espira percorre uma distância que é o quádruplo da amplitude de oscilação. Como, de acordo com a equação, a amplitude de oscilação é 0,01 m, a espira percorre  $4 \times 0,01 \text{ m} = 0,04 \text{ m}$ .

2.1. (D) A corda oscila na vertical, pelo que os pontos P e Q não se movem segundo o eixo dos  $xx$  – opção (A) falsa. Qualquer ponto da corda percorre, numa oscilação completa, uma distância que é o quádruplo da amplitude ( $4 \times 2,0 \text{ cm} = 8,0 \text{ cm}$ ) – opção (B) falsa. A amplitude de oscilação é 2,0 cm – opção (C) falsa. Todos os pontos da corda oscilam com a mesma frequência angular – opção (D) correta.

2.2. (A)

2.3. • Determinação do comprimento de onda do sinal:

$$\text{De acordo com a figura, } 1,0 \text{ m} = \lambda + \frac{3}{4}\lambda \Leftrightarrow 1,0 \text{ m} = \frac{7}{4}\lambda \Leftrightarrow \lambda = 0,571 \text{ m}$$

• Cálculo do tempo que um ponto da corda demora a executar 5,0 oscilações completas:

$$v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow 3,0 \text{ m s}^{-1} = \frac{0,571 \text{ m}}{T} \Leftrightarrow T = 0,190 \text{ s}$$

O período,  $T$ , é o tempo que um ponto da corda demora a executar uma oscilação completa. O tempo que demora a executar 5,0 oscilações completas será  $5,0 \times 0,190 \text{ s} = 0,95 \text{ s}$ .

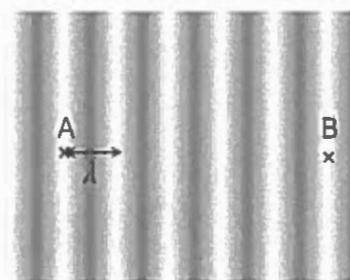
3. • Determinação do comprimento de onda:

A figura mostra que a distância entre os pontos A e B é igual a  $5\lambda$ .

$$\text{Assim, } \lambda = \frac{20,8 \text{ cm}}{5} = 4,16 \text{ cm}$$

• Determinação do módulo da velocidade de propagação das ondas:

$$\lambda = \frac{v}{f} \Leftrightarrow v = \lambda f \quad v = 4,16 \times 6,0 = 25 \text{ cm s}^{-1}$$



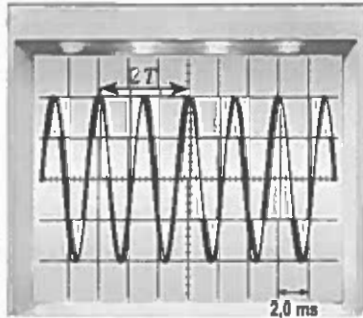
4.1. (B) A frequência de oscilação de um diapasão é característica desse diapasão, não dependendo, por isso, da intensidade da força com que se bate num dos seus ramos (opções (A) e (C) incorretas). Quando se bate com mais força num dos ramos de um diapasão, este oscila com maior amplitude e, conseqüentemente, o som emitido é mais forte.

4.2. 440 Hz

4.3.1. Microfone.



## 4.3.2. • Determinação do período do sinal:



$$2,0 \text{ ms} = 2,0 \times 10^{-3} \text{ s}$$

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

• Cálculo do comprimento de onda do som, no ar:

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad \text{e} \quad f = \frac{1}{T} \quad \Rightarrow \quad \lambda = vT \quad \lambda = 343 \times 3,0 \times 10^{-3} = 1,0 \text{ m}$$

5.1. (C)

5.2. (A) A frequência do sinal sonoro é igual à frequência da fonte que o origina. A velocidade de propagação do sinal sonoro não depende da frequência desse sinal. Como  $\lambda = \frac{v}{f}$ , se a frequência do sinal sonoro aumentasse para o dobro, o comprimento de onda diminuiria para metade.

5.3. (B) A frequência de um sinal sonoro só depende da frequência da fonte que o origina, sendo, por isso, independente do meio de propagação. Como o período é o inverso da frequência  $\left(T = \frac{1}{f}\right)$ , também é independente do meio de propagação do sinal sonoro. Pelo contrário, a velocidade de propagação depende do meio onde o sinal se propaga e, conseqüentemente, para a mesma frequência, o comprimento de onda  $\left(\lambda = \frac{v}{f}\right)$  também depende do meio onde o sinal se propaga.

5.4. (D)

6.1. (D) De acordo com o gráfico,  $T = 3,0 \text{ ms} = 3,0 \times 10^{-3} \text{ s}$ . Assim,

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

6.2. (C) O gráfico mostra que a amplitude da variação da pressão permanece constante ao longo do intervalo de tempo considerado – opção (C) verdadeira. A onda representada é sinusoidal, pelo que a opção (B) é falsa. O gráfico representado na figura, sendo um gráfico da variação de uma propriedade num ponto do espaço em função do tempo, não permite concluir nem se a onda é transversal ou longitudinal, nem se a velocidade de propagação do sinal é ou não constante – opções (A) e (D) falsas.

7.1. (C) De acordo com a figura, o período do sinal A (4 divisões) é 1,6 vezes superior ao período do sinal B (2,5 divisões). Como  $f = \frac{1}{T}$ , a frequência do sinal B será 1,6 vezes superior à frequência do sinal A.

- 7.2. (B) O sinal é descrito por uma equação geral do tipo  $U = A \sin(\omega t)$ , sendo a frequência angular do sinal  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ . Assim,  $\frac{2\pi}{T} = 5,0\pi \times 10^2 \Rightarrow T = \frac{2}{5,0 \times 10^2} \Rightarrow T = 4,0 \times 10^{-3} \text{ s} = 4,0 \text{ ms}$ .

De acordo com a figura, o período,  $T$ , corresponde a 4 divisões, pelo que a base de tempo do osciloscópio estava regulada para 1 ms/div.

- 8.1. (B)  $T = \frac{1}{f} \Rightarrow T = \frac{1}{330} = 3,03 \times 10^{-3} \text{ s} = 3,03 \text{ ms}$ .

De acordo com a figura, o período,  $T$ , corresponde a 3 divisões, pelo que a base de tempo do osciloscópio estava regulada para 1 ms/div.

- 8.2. (D) Percutir o diapasão com uma força de maior intensidade apenas afeta a amplitude da vibração.

9. (D) O sinal é descrito por uma equação geral do tipo  $U = A \sin(\omega t)$ . Assim, a frequência angular do sinal será  $\omega = 8,80 \times 10^2 \pi \text{ rad s}^{-1}$ . Como  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ , o período do sinal será

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{8,80 \times 10^2 \pi} \Rightarrow T = 2,27 \times 10^{-3} \text{ s}.$$

10. (B) De acordo com a figura, a amplitude do sinal corresponde a 3 divisões. Como a escala vertical está regulada para 2 V/div, a amplitude do sinal é  $A = 3 \text{ div} \times 2 \text{ V/div} = 6 \text{ V}$ . Ainda de acordo com a figura, 1,5 períodos correspondem a 5 divisões. Como a base de tempo está regulada para 5 ms/div, tem-se

$$\frac{1 \text{ div}}{5 \text{ ms}} = \frac{5 \text{ div}}{1,5 T} \Rightarrow T = \frac{5 \text{ ms} \times 5 \text{ div}}{1,5 \times 1 \text{ div}} = 16,7 \text{ ms} \Rightarrow T = 1,67 \times 10^{-2} \text{ s}.$$

Consequentemente, como  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ,  $\omega = \frac{2\pi}{1,67 \times 10^{-2}} = 1,2 \times 10^2 \pi \text{ rad s}^{-1}$ .

11. (D)

- 12.1. O som necessita de um meio material para se propagar. Como a Lua não possui atmosfera apreciável, não ocorre propagação de som.

- 12.2.1. (C) Só há força eletromotriz induzida nos terminais da bobina, quando o íman e a bobina se movem um em relação ao outro.

- 12.2.2. (C) Quanto mais rápido for o movimento do íman no interior da bobina, menor será o intervalo de tempo em que ocorre uma variação do fluxo magnético e, como  $|\varepsilon| = \frac{|\Delta\Phi_m|}{\Delta t}$ , maior será o módulo da força eletromotriz induzida. Quanto maior for o módulo da força eletromotriz induzida, maior será a energia que o circuito pode disponibilizar.

- 13.1. (D)

- 13.2. (D) Se a agulha do galvanómetro está no zero, a força eletromotriz induzida nos terminais da bobina é nula o que implica uma variação do fluxo magnético através da bobina também nula.

- 13.3. (C)  $|\varepsilon| = \frac{|\Delta\Phi_m|}{\Delta t} \Rightarrow |\varepsilon| = \frac{NA \cos \alpha (B_f - B_i)}{\Delta t}$ . Assim, quanto maior for o número de espiras,  $N$ ,

da bobina, maior será o módulo da força eletromotriz induzida. Quanto mais rápido for o movimento da barra magnetizada, maior será o módulo da força eletromotriz induzida, uma vez que uma mesma variação de fluxo ocorre num intervalo de tempo menor.

## 13.4. Volt

- 14.1. (D) O vetor campo magnético tem o sentido do polo norte do íman para o polo sul.
- 14.2. (B) Quanto maior for a densidade das linhas de campo magnético, maior é o módulo do campo magnético.
- 14.3. (D) A agulha magnética da bússola orienta-se sempre de acordo com o campo magnético local, ou seja, é sempre tangente às linhas de campo magnético e tem o sentido dessas linhas.

15. Uma corrente elétrica origina um campo magnético.

16. [0,4; 0,8] s Só há força eletromotriz induzida se houver variação de fluxo magnético. No intervalo de tempo indicado o fluxo magnético manteve-se constante, logo a força eletromotriz induzida foi nula.

17.1. (A) Inicialmente o carrinho move-se numa zona do espaço onde não há campo magnético, sendo  $\Phi_m$  nulo. Seguidamente, à medida que o carrinho entra na zona do espaço onde existe um campo magnético uniforme, ocorre um aumento do fluxo magnético que atravessa a superfície delimitada pela espira, até toda a espira estar imersa no campo. A partir desse instante,  $\Phi_m$  mantém-se constante. Depois, à medida que o carrinho sai da zona do espaço onde existe o campo, ocorre uma diminuição do fluxo que atravessa a superfície delimitada pela espira até toda a espira estar fora da zona onde há campo. A partir desse instante,  $\Phi_m$  passa a ser nulo.

## 17.2. (D)

18. • Determinação da área de uma espira:

$$A = l^2 \quad A = (8,0 \times 10^{-2} \text{ m})^2 = 6,40 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

• Determinação da variação do fluxo magnético que atravessa as superfícies delimitadas pelas espiras da bobina, no intervalo de tempo considerado:

O fluxo magnético que atravessa a superfície delimitada por uma espira, num determinado instante, pode ser calculado pela expressão  $\Phi_m = BA \cos \alpha$

Como a bobina tem 500 espiras, o fluxo magnético que atravessa as superfícies delimitadas pelo conjunto de espiras da bobina é, em cada instante,  $\Phi_m = 500 \times BA \cos \alpha$

A variação do fluxo magnético, no intervalo de tempo [0,0; 2,0] s será, então

$$\Delta \Phi_m = \Phi_{t=2,0 \text{ s}} - \Phi_{t=0,0 \text{ s}}$$

$$\Delta \Phi_m = 500 \times B_{t=2,0 \text{ s}} A \cos \alpha - 500 \times B_{t=0,0 \text{ s}} A \cos \alpha$$

$$\Delta \Phi_m = 500 \times A \cos \alpha (B_{t=2,0 \text{ s}} - B_{t=0,0 \text{ s}})$$

O campo magnético é perpendicular aos planos das espiras, pelo que será paralelo à direção perpendicular às superfícies das espiras. Assim,  $\alpha = 0^\circ$

$$\Delta \Phi_m = 500 \times 6,40 \times 10^{-3} \times \cos 0^\circ \times (0,090 - 0,010)$$

$$\Delta \Phi_m = 0,256 \text{ Wb}$$

• Determinação do módulo da força eletromotriz induzida nos terminais da bobina, no intervalo de tempo considerado:

$$|\varepsilon_i| = \frac{|\Delta \Phi_m|}{\Delta t} \quad |\varepsilon_i| = \frac{0,256 \text{ Wb}}{2,0 \text{ s}} = 0,13 \text{ V}$$

19. (C)  $|\varepsilon_i| = \frac{|\Delta\Phi_m|}{\Delta t}$ . O esboço do gráfico do fluxo magnético em função do tempo mostra que, num primeiro intervalo de tempo,  $\Phi_m$  se mantém constante, pelo que  $\Delta\Phi_m = 0$  e, conseqüentemente,  $|\varepsilon_i| = 0$ . O esboço mostra ainda que, num segundo intervalo de tempo,  $\Phi_m$  aumenta linearmente com o tempo, o que determina que o módulo da força eletromotriz induzida seja constante e não nulo.

20.1. Quando a roda está em movimento, o íman gira, provocando uma variação do fluxo magnético que atravessa a bobina. De acordo com a lei de Faraday, a variação do fluxo magnético que atravessa a bobina induz uma força eletromotriz no circuito, que é responsável pelo aparecimento de uma corrente elétrica no circuito.

20.2. (B)  $|\varepsilon_i| = \frac{|\Delta\Phi_m|}{\Delta t}$ , pelo que a força eletromotriz induzida será tanto maior quanto maior for a variação do fluxo magnético, num mesmo intervalo de tempo.

20.3. • Determinação do período do sinal:

$$\frac{1 \text{ div}}{5 \text{ ms}} = \frac{4 \text{ div}}{T} \Leftrightarrow T = 20 \text{ ms} = 2,0 \times 10^{-2} \text{ s}$$

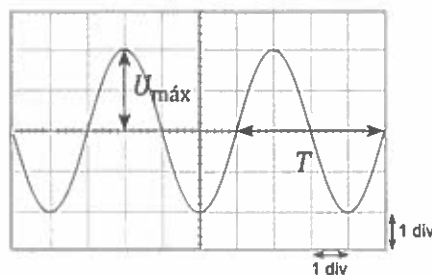
• Determinação da amplitude do sinal:

$$\frac{1 \text{ div}}{5 \text{ V}} = \frac{2 \text{ div}}{U_{\text{máx}}} \Leftrightarrow U_{\text{máx}} = 10 \text{ V}$$

• Determinação da frequência angular do sinal:

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

• Expressão que traduz a relação pedida:  $U = 10 \sin(3,1 \times 10^2 t)$  (SI)



21.1. • Determinação do intervalo de tempo que decorre entre a emissão do sinal e a sua receção:

$$\frac{1 \text{ cm}}{100 \text{ ms}} = \frac{4 \text{ cm}}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = 400 \text{ ms} = 4,00 \times 10^{-1} \text{ s}$$

• Determinação da distância percorrida pelo sinal:

$$\frac{1524 \text{ m}}{1 \text{ s}} = \frac{d}{4,00 \times 10^{-1}} \Leftrightarrow d = 610 \text{ m}$$

• Determinação da profundidade da água no local:

$$h = \frac{d}{2} \quad h = \frac{610 \text{ m}}{2} = 305 \text{ m}$$

21.2. (B) Sendo constante a velocidade de propagação do sinal sonoro, a frequência é inversamente proporcional ao comprimento de onda  $(f = \frac{v}{\lambda})$ .

21.3. (B)

22. (A) A distância percorrida pelo som no ar e na água é a mesma:  $d_{\text{água}} = d_{\text{ar}}$ . Como o som se propaga com velocidade de módulo constante, quer no ar, quer na água, a distância percorrida em cada um desses meios será  $d = vt$ , pelo que  $v_{\text{água}} t_{\text{água}} = v_{\text{ar}} t_{\text{ar}}$ , ou seja,  $1,5 \times 10^3 t_{\text{água}} = 3,4 \times 10^2 t_{\text{ar}}$ . Por outro lado, o som demora mais 1,14 s a propagar-se no ar do que na água, pelo que  $t_{\text{ar}} = t_{\text{água}} + 1,14 \text{ s} \Leftrightarrow t_{\text{ar}} - t_{\text{água}} = 1,14 \text{ s}$ .

23.1. (D)

23.2. (C)

23.3. (C) Ao passar do meio I para o meio II, o feixe luminoso aproxima-se da normal à superfície de separação dos dois meios, pelo que o meio II terá maior índice de refração. Como  $n = \frac{c}{v}$ , conclui-se que a velocidade de propagação do feixe luminoso é maior no meio I.

24.1. O índice de refração de um meio para uma dada radiação é dado pelo quociente entre a velocidade de propagação da luz no vácuo e a velocidade de propagação daquela radiação no meio considerado  $\left(n = \frac{c}{v}\right)$ . Assim, sendo o índice de refração para a radiação vermelha inferior ao índice de refração para a radiação violeta, conclui-se que é a radiação vermelha que se propaga com maior velocidade no interior do prisma.

24.2. (A)

25.1. • Índice de refração do vidro para a radiação considerada: 1,518 (por leitura direta do gráfico)

• Determinação do ângulo de refração correspondente a um ângulo de incidência de  $50,0^\circ$ :

$$n_{\text{vidro}} \sin \alpha_{\text{vidro}} = n_{\text{ar}} \sin \alpha_{\text{ar}}$$

$$1,518 \times \sin \alpha_{\text{vidro}} = 1,000 \times \sin 50,0^\circ \Leftrightarrow \sin \alpha_{\text{vidro}} = 0,5046 \Leftrightarrow \alpha_{\text{vidro}} = 30,3^\circ$$

25.2. A radiação considerada não sofre difração apreciável num obstáculo com as dimensões referidas, uma vez que as ordens de grandeza do comprimento de onda da radiação e das dimensões do obstáculo considerado são muito diferentes.

$$25.3. \text{ (B)} \quad f = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow f = \frac{3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{486 \times 10^{-9} \text{ m}} \Leftrightarrow f = \frac{3,00 \times 10^8}{4,86 \times 10^{-7}} \text{ Hz}$$

26. (B) No vácuo, todos os sinais eletromagnéticos se propagam à velocidade de  $3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ .

Como  $f = \frac{c}{\lambda}$ , sinais com frequências diferentes têm comprimentos de onda diferentes.

27. (D) A frequência do sinal, expressa na respetiva unidade SI é  $f = 1680 \times 10^6 \text{ Hz}$ . A velocidade de propagação da radiação eletromagnética no ar é praticamente igual à sua velocidade de propagação no vácuo ( $3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ ). Assim,

$$\lambda = \frac{v}{f} \Rightarrow \lambda = \frac{3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{1680 \times 10^6 \text{ s}^{-1}} \Leftrightarrow \lambda = 0,179 \text{ m.}$$

28.1. (D) O ângulo de incidência é o ângulo definido pelo raio incidente e pela reta normal à superfície de separação dos dois meios. De acordo com as leis da reflexão, o ângulo de incidência é sempre igual ao ângulo de reflexão.

$$28.2. \text{ (C)} \quad v = \frac{d}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = \frac{d}{v} \Rightarrow \Delta t = \frac{3,84 \times 10^8}{3,00 \times 10^8} = 1,28 \text{ s}$$

$$29.1. \text{ (D)} \quad f = \frac{v}{\lambda} \Rightarrow f = \frac{3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{0,01 \text{ m}} \Leftrightarrow f = 3,00 \times 10^{10} \text{ Hz}$$

29.2. (C)  $v = \frac{d}{\Delta t}$ , pelo que a distância percorrida pelo sinal eletromagnético será

$$d = v\Delta t \Rightarrow d = 3,00 \times 10^8 \Delta t.$$

A distância a que um obstáculo se encontra da antena emissora é metade da distância percorrida pelo sinal:  $\left(\frac{3,00 \times 10^8 \Delta t}{2}\right)$  m.

29.3. (B) Na figura está representado um campo magnético uniforme (as linhas de campo são paralelas e equidistantes umas das outras). Assim, o módulo do campo magnético é o mesmo em todos os pontos da zona do espaço onde esse campo existe.

30. (D) Ao passar do meio 1 para o meio 2, o feixe de radiação eletromagnética afasta-se da normal à superfície de separação dos dois meios, pelo que o meio 1 terá maior índice de refração. Como  $n = \frac{c}{v}$ , conclui-se que a velocidade de propagação do feixe luminoso é maior no meio 2.

31.1. • Cálculo do índice de refração do vidro *Flint* para o feixe de luz monocromático considerado:

$$n_{\text{vidro}} \sin \alpha_{\text{vidro}} = n_{\text{ar}} \sin \alpha_{\text{ar}}$$

$$n_{\text{vidro}} \sin 16,0^\circ = 1,00 \times \sin 24,0^\circ \Leftrightarrow n_{\text{vidro}} = \frac{\sin 24,0^\circ}{\sin 16,0^\circ} \Leftrightarrow n_{\text{vidro}} = 1,476$$

• Cálculo do módulo da velocidade de propagação do feixe de luz monocromática no interior do vidro *Flint*:

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

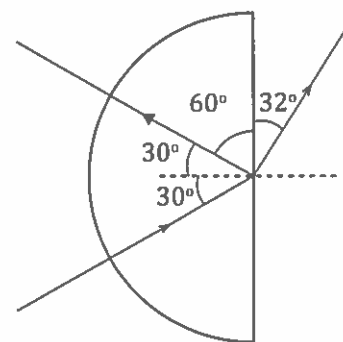
$$1,476 = \frac{3,00 \times 10^8}{v_{\text{vidro}}} \Leftrightarrow v_{\text{vidro}} = \frac{3,00 \times 10^8}{1,476} \Leftrightarrow v_{\text{vidro}} = 2,03 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

31.2. (B) As duas faces do paralelepípedo onde incide o feixe de luz são paralelas, pelo que, por argumentos geométricos, se conclui que o ângulo de refração na 1.ª face é igual ao ângulo de incidência na 2.ª face. Consequentemente, tendo em conta a lei de Snell-Descartes, conclui-se que o ângulo de refração na 2.ª face é igual ao ângulo de incidência na 1.ª face (o trajeto da luz no ar tem a mesma direção antes e depois de atravessar o paralelepípedo).

32.1. (C) A frequência de uma radiação eletromagnética é independente do meio onde essa radiação se propaga (a frequência da radiação não varia quando esta passa do ar para o vidro). A velocidade de propagação de uma radiação eletromagnética no ar é aproximadamente igual à velocidade de propagação da luz no vácuo; em qualquer outro meio, a radiação propaga-se com uma velocidade inferior. Assim, como  $\lambda = \frac{v}{f}$ , a radiação considerada terá menor comprimento de onda no vidro, uma vez que se propaga com menor velocidade nesse meio.

32.2. 1,5 A velocidade de propagação da radiação considerada no ar é aproximadamente igual à velocidade de propagação dessa radiação no vácuo ( $c$ ), uma vez que  $n_{\text{ar}} = 1,00$ . O índice de refração do vidro é, por definição,  $n_{\text{vidro}} = \frac{c}{v_{\text{vidro}}}$ . Assim,  $n_{\text{vidro}} = \frac{c}{\frac{2}{3}c} = \frac{3}{2} = 1,5$ .

33.1.1.  $92^\circ$  De acordo com as leis da reflexão, o ângulo de reflexão é  $30^\circ$  (ver figura). Assim, o ângulo entre o feixe refletido e a superfície plana do semicilindro será  $60^\circ$ . Então, o ângulo entre o feixe refletido e o feixe refratado será  $60^\circ + 32^\circ = 92^\circ$ .

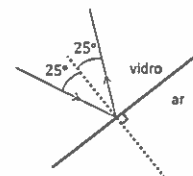


33.1.2. (C)  $n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2 \Rightarrow n_1 \sin 30^\circ = 1,00 \sin (90^\circ - 32^\circ) \Leftrightarrow$   
 $\Leftrightarrow n_1 = \frac{\sin 58^\circ}{\sin 30^\circ} = 1,7$

33.2. (B) A frequência da radiação é a mesma no ar e no meio considerado:  $f_{\text{meio}} = f_{\text{ar}} \Leftrightarrow$   
 $\Leftrightarrow \frac{v_{\text{meio}}}{\lambda_{\text{meio}}} = \frac{c}{\lambda_{\text{ar}}} \Leftrightarrow \lambda_{\text{meio}} = \frac{v_{\text{meio}} \lambda_{\text{ar}}}{c}$ . Mas  $n_{\text{meio}} = \frac{c}{v_{\text{meio}}} \Leftrightarrow v_{\text{meio}} = \frac{c}{n_{\text{meio}}}$ , pelo que  
 $\lambda_{\text{meio}} = \frac{c}{n_{\text{meio}}} \frac{\lambda_{\text{ar}}}{c} \Leftrightarrow \lambda_{\text{meio}} = \frac{\lambda_{\text{ar}}}{n_{\text{meio}}}$ . Assim,  $\lambda_{\text{meio}} = \frac{540 \text{ nm}}{1,40} = 386 \text{ nm}$ .

34.1. De acordo com o gráfico, à medida que o comprimento de onda da radiação, no vazio, aumenta, o índice de refração do vidro SF10 diminui. Como o índice de refração de um meio é inversamente proporcional à velocidade de propagação da radiação nesse meio ( $n = \frac{c}{v}$ ), a velocidade de propagação da radiação no vidro considerado aumenta à medida que o comprimento de onda, no vazio, aumenta.

34.2.1.  $65^\circ$  O ângulo de reflexão é igual ao ângulo de incidência, como representado na figura. O ângulo entre o feixe refletido e a face do paralelepípedo é  $90^\circ - 25^\circ = 65^\circ$



34.2.2. (A)  $n_{\text{vidro}} \sin \alpha_{\text{vidro}} = n_{\text{ar}} \sin \alpha_{\text{ar}} \quad 1,728 \times \sin \alpha_{\text{vidro}} = 1,000 \times \sin 90^\circ \Rightarrow \alpha_{\text{vidro}} = 35,4^\circ$

35.1.  $4,6 \times 10^{14} \text{ Hz} \quad f = \frac{c}{\lambda} \quad f = \frac{3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{6,5 \times 10^{-7} \text{ m}} = 4,6 \times 10^{14} \text{ Hz}$ .

35.2. (A) A velocidade de propagação de uma radiação eletromagnética no ar é aproximadamente igual à velocidade de propagação da luz no vazio; em qualquer outro meio, a radiação propaga-se com uma velocidade inferior. Sendo a frequência da radiação igual no ar e no vidro e propagando-se a radiação com menor velocidade no vidro, conclui-se, a partir da expressão  $\lambda = \frac{v}{f}$ , que a radiação considerada terá menor comprimento de onda no vidro.

35.3. (B) O ângulo de incidência é sempre igual ao ângulo de reflexão.

36.1. O material do núcleo da fibra ótica deve apresentar elevada transparência (OU O material do núcleo da fibra ótica deve apresentar elevado índice de refração).

A propagação da luz no interior da fibra ótica baseia-se no fenômeno da reflexão total.

Este fenômeno ocorre quando o índice de refração do núcleo é superior ao do revestimento e quando o ângulo segundo o qual a luz incide na superfície de separação núcleo-revestimento é superior ao ângulo crítico.

36.2. (D)

37.1. (D)  $n_{II} \sin \alpha_{II} = n_I \sin \alpha_I \Leftrightarrow \frac{n_{II}}{n_I} = \frac{\sin \alpha_I}{\sin \alpha_{II}} \Rightarrow \frac{n_{II}}{n_I} = \frac{\sin 30^\circ}{\sin 23^\circ} \Leftrightarrow \frac{n_{II}}{n_I} = 1,28$ , pelo que o índice de refração do meio II é 1,28 vezes maior do que o índice de refração do meio I. Das opções apresentadas, apenas a (D) satisfaz esta condição.

37.2. (D)

38.1. (A)  $n_{\text{vidro}} \sin \alpha_{\text{vidro}} = n_{\text{ar}} \sin \alpha_{\text{ar}} \Leftrightarrow \sin \alpha_{\text{vidro}} = \frac{n_{\text{ar}}}{n_{\text{vidro}}} \sin \alpha_{\text{ar}} \Rightarrow$   
 $\Rightarrow \sin \alpha_{\text{vidro}} = \frac{1,0}{1,5} \sin (90^\circ - 60^\circ) \Leftrightarrow \sin \alpha_{\text{vidro}} = 0,333 \Rightarrow \alpha_{\text{vidro}} = 19^\circ$

38.2. • Cálculo da velocidade de propagação da radiação monocromática no vidro:

$$n = \frac{c}{v} \quad 1,5 = \frac{3,0 \times 10^8}{v} \quad \Leftrightarrow \quad v = \frac{3,0 \times 10^8}{1,5} = 2,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

• Cálculo do comprimento de onda da radiação referida quando se propaga no vidro:

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad \lambda = \frac{2,00 \times 10^8}{5,0 \times 10^{14}} = 4,0 \times 10^{-7} \text{ m}$$

38.3. (C)

39.1. (B) O ângulo de incidência (ângulo entre a direção de propagação do feixe incidente e a normal à superfície de separação dos meios I e II) é  $90^\circ - 70^\circ = 20^\circ$ . O ângulo de reflexão (ângulo entre a direção de propagação do feixe refletido e a normal à superfície de separação dos meios I e II) é também de  $20^\circ$ , uma vez que é obrigatoriamente igual ao ângulo de incidência. Assim, o ângulo entre o feixe incidente e o feixe refletido é  $20^\circ + 20^\circ = 40^\circ$ .

39.2.1. (D)  $n_I = 2n_{II}$ . Como  $n = \frac{c}{v}$ , tem-se  $\frac{c}{v_I} = 2 \frac{c}{v_{II}} \Leftrightarrow v_I = \frac{v_{II} c}{2c} \Leftrightarrow v_I = \frac{1}{2} v_{II}$ . Por outro lado, a frequência da radiação,  $f = \frac{v}{\lambda}$ , é a mesma no meio I e no meio II. Assim,

$$\frac{v_I}{\lambda_I} = \frac{v_{II}}{\lambda_{II}} \Leftrightarrow \frac{v_I}{\lambda_I} = \frac{2v_I}{\lambda_{II}} \Leftrightarrow \lambda_I = \frac{1}{2} \lambda_{II}.$$

39.2.2. (C)  $n_I \sin \alpha_I = n_{II} \sin \alpha_{II} \Rightarrow 2 n_{II} \sin \alpha_I = n_{II} \sin 90^\circ \Leftrightarrow \sin \alpha_I = \frac{1}{2} \Rightarrow \alpha_I = 30^\circ$

40. (A) O índice de refração de um meio é inversamente proporcional à velocidade de propagação da luz nesse meio. Assim, o índice de refração do meio II é inferior ao índice de refração do meio I. De acordo com a lei de Snell-Descartes, a partir da relação entre os índices de refração pode-se concluir que o ângulo de refração (no meio II) será maior do que o ângulo de incidência (no meio I).

41.1. (D) De acordo com o gráfico, quanto maior for a concentração da solução, maior será o índice de refração dessa solução. Como o índice de refração de uma solução é inversamente proporcional à velocidade de propagação da radiação nessa solução, conclui-se que a velocidade de propagação da radiação considerada será maior na solução de menor concentração ( $0,50 \text{ mol dm}^{-3}$ ). De acordo com a lei de Snell-Descartes, a partir da relação entre os índices de refração pode-se concluir que o ângulo de refração será maior nessa mesma solução.



- 41.2. • Determinação do índice de refração da solução de ácido acético, para a radiação monocromática referida, à temperatura de 20 °C:

Por leitura direta do gráfico obtém-se  $n = 1,3380$ .

- Cálculo do ângulo de refração que se deverá observar:

$$\text{Ângulo de incidência} = \alpha_{\text{ar}} = 90,0^\circ - 40,0^\circ = 50,0^\circ$$

$$n_{\text{solução}} \sin \alpha_{\text{solução}} = n_{\text{ar}} \sin \alpha_{\text{ar}} \quad 1,3380 \sin \alpha_{\text{solução}} = 1,000 \times \sin 50,0^\circ$$

$$\sin \alpha_{\text{solução}} = \frac{\sin 50,0^\circ}{1,3380} = 0,5725 \Rightarrow \alpha_{\text{solução}} = 34,9^\circ$$

- 41.3. (C)

$$42. \text{ (B)} \quad n = \frac{c}{v} \Rightarrow n = \frac{c}{\frac{3}{4}c} \Leftrightarrow n = \frac{4}{3} = 1,33$$

- 43.1. (B)

- 43.2. (C)  $\frac{1}{\text{declive}} = v \Leftrightarrow \text{declive} = \frac{1}{v}$ . Como  $d = vt \Leftrightarrow t = \frac{1}{v}d$ , conclui-se que o gráfico traçado terá sido de  $t$  em função de  $d$ .

- 43.3. (C) A velocidade de propagação da luz no ar é  $v_{\text{luz}} = c = 3,00 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$ . A velocidade de propagação do som no ar é  $v_{\text{som}} = 345 \text{ m s}^{-1}$ . Comparando estes valores em termos das respetivas ordens de grandeza,  $\frac{v_{\text{luz}}}{v_{\text{som}}} = 10^6$ .

- 44.1. Os alunos ligaram o altifalante ao gerador de sinais para converter o sinal elétrico, produzido por este gerador, num sinal sonoro.

No microfone o sinal sonoro é novamente convertido num sinal elétrico. Assim, os alunos ligaram o microfone ao osciloscópio para que o sinal elétrico fosse registado no osciloscópio.

- 44.2.1. (D)

- 44.2.2. (D) Dos sinais representados na figura, o de maior amplitude é o sinal que chega ao osciloscópio vindo diretamente do gerador de sinais. O de menor amplitude é o sinal que chega ao osciloscópio, proveniente do microfone, ou seja, é o sinal que percorreu a distância entre o altifalante e o microfone. A figura mostra que o sinal de menor amplitude chega ao osciloscópio 0,5 s depois do outro sinal.



---

**RESOLUÇÕES**

**QUÍMICA 10.º ANO**

**DOMÍNIO:**  
**Elementos químicos**  
**e sua organização**

---

- 1.1. (C)  $n.º$  de neutrões =  $n.º$  de massa –  $n.º$  atómico, logo  $n.º$  de neutrões =  $22 - 10 = 12$
- 1.2. (A) A configuração eletrónica de um átomo de néon, no estado fundamental, é  $1s^2 2s^2 2p^6$ . Os eletrões encontram-se distribuídos por orbitais em dois níveis de energia ( $n = 1$  e  $n = 2$ ).
- 1.3. Oxigénio. A configuração eletrónica de um átomo de néon, no estado fundamental, é  $1s^2 2s^2 2p^6$ . Esta configuração é idêntica à do ião binegativo, no estado fundamental, formado a partir do átomo de oxigénio, também no estado fundamental.
- 2.1. 7 neutrões  $n.º$  neutrões =  $n.º$  massa –  $n.º$  atómico, logo  $n.º$  neutrões =  $13 - 6 = 7$
- 2.2. (C) A configuração eletrónica de um átomo de carbono, no estado fundamental, é  $1s^2 2s^2 2p^2$ . Os eletrões encontram-se distribuídos por quatro orbitais (duas orbitais s e duas orbitais p).
- 3.1. (C) Os átomos de quaisquer isótopos de um mesmo elemento têm o mesmo número atómico, apresentando assim igual número de prótons (o mesmo número atómico) e de eletrões. Apresentando números de massa diferentes, os átomos de isótopos têm diferente número de nucleões.
- 3.2. (B) As configurações eletrónicas do flúor e do cloro, no estado fundamental, são, respetivamente,  $1s^2 2s^2 2p^5$  e  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ . Assim, ambos os átomos apresentam uma orbital p semipreenchida.

### 3.3. $Cl^+$

4. •  $M(O_2) = 2 \times 16,00 = 32,00 \text{ g mol}^{-1}$

- Determinação da quantidade de oxigénio,  $O_2$  (g), existente na amostra:

$$\frac{1 \text{ mol } O_2}{32,00 \text{ g}} = \frac{n_{O_2}}{48 \text{ g}} \Leftrightarrow n_{O_2} = 1,50 \text{ mol}$$

- Determinação do número de moléculas de oxigénio existente na amostra:

$$\frac{1 \text{ mol } O_2}{6,02 \times 10^{23} \text{ moléculas}} = \frac{1,50 \text{ mol}}{N_{O_2}} \Leftrightarrow N_{O_2} = 9,03 \times 10^{23} \text{ moléculas}$$

- Determinação do número de átomos de oxigénio existente na amostra:

$$\frac{1 \text{ molécula de } O_2}{2 \text{ átomos de O}} = \frac{9,03 \times 10^{23} \text{ moléculas}}{N_O} \Leftrightarrow N_O = 1,8 \times 10^{24} \text{ átomos de oxigénio}$$

5. • Cálculo da quantidade de metano existente na amostra:

$$M(CH_4) = 12,01 + 4 \times 1,01 = 16,05 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\frac{1 \text{ mol}}{16,05 \text{ g}} = \frac{n_{CH_4}}{20,0 \text{ g}} \Leftrightarrow n_{CH_4} = 1,246 \text{ mol}$$

- Cálculo da quantidade total de átomos existente na amostra:

Em 1 mol de moléculas de metano há 4 mol de átomos de hidrogénio e 1 mol de átomos de carbono, ou seja, há 5 mol de átomos.

$$\frac{1 \text{ mol } CH_4}{5 \text{ mol átomos}} = \frac{1,246 \text{ mol } CH_4}{n_{\text{átomos}}} \Leftrightarrow n_{\text{átomos}} = 6,23 \text{ mol}$$

6. (C)  $M(\text{N}_2) = 2 \times 14,01 = 28,02 \text{ g mol}^{-1}$ . Em 1 mol de  $\text{N}_2$ , ou seja, em 28,02 g de  $\text{N}_2$ , há  $2 \times 6,02 \times 10^{23}$  átomos. Então, em 100 g de  $\text{N}_2$  haverá  $\frac{2 \times 6,02 \times 10^{23} \times 100 \text{ g}}{28,02 \text{ g}}$  átomos.

7. (B) A fração molar de  $\text{O}_2$  (g) na amostra de ar considerada é o quociente entre a quantidade de  $\text{O}_2$  (g) e a quantidade total de gases que existe nessa amostra.

8.1.  $3,23 \times 10^{24}$  iões    Em 2,68 mol de KCl há  $2 \times 2,68 \text{ mol} = 5,36 \text{ mol}$  de iões.  
Assim, há  $5,36 \times 6,02 \times 10^{23} = 3,23 \times 10^{24}$  iões

8.2. (B)  ${}_{19}\text{K}^+ - 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ ;  ${}_{17}\text{Cl}^- - 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ . Como os iões  $\text{K}^+$  e  $\text{Cl}^-$  têm o mesmo número de eletrões (18), as suas configurações eletrónicas são iguais. Os eletrões distribuem-se por 9 orbitais (uma orbital 1s, uma orbital 2s, três orbitais 2p, uma orbital 3s e três orbitais 3p). No último nível de energia ocupado ( $n = 3$ ) há 8 eletrões, pelo que apresentam 8 eletrões de valência. Apresentam ambos quatro orbitais de valência (uma orbital 3s e três orbitais 3p).

9. 

--	--	--	--	--

10. As riscas aparecem aos mesmos valores de frequência em ambos os espectros.

11.1. Num espectro atómico de emissão, na região do visível, observam-se riscas coloridas sobre um fundo negro. Estas riscas ocorrem a frequências características de cada elemento químico.

Como as riscas observadas no espectro de emissão desse gás não coincidiam com as riscas observadas nos espectros de emissão até aí conhecidos, concluiu-se que o gás era constituído por um elemento químico que nunca tinha sido identificado.

11.2. 22 neutrões.     $n.^{\circ}$  de neutrões =  $n.^{\circ}$  de massa –  $n.^{\circ}$  atómico, logo  $n.^{\circ}$  de neutrões =  $40 - 18 = 22$

12.1. (A) As transições eletrónicas X, Y e Z assinaladas na Figura A correspondem a transições para o nível  $n = 2$ , ou seja, são transições eletrónicas que correspondem no espectro de emissão do átomo de hidrogénio a riscas na zona do visível. Destas riscas, a vermelha é a que corresponde à transição eletrónica que envolve uma menor variação de energia (de  $n = 3$  para  $n = 2$ ).

12.2. (D) A partir da Figura A verifica-se que a energia que é necessário fornecer para que o eletrão do átomo de hidrogénio transite de  $n = 1$  para  $n = \infty$  (energia de ionização do átomo de hidrogénio) é  $2,18 \times 10^{-18} \text{ J}$ . Multiplicando este valor pela constante de Avogadro, obtém-se a energia de ionização do hidrogénio, expressa em  $\text{J mol}^{-1}$ .

12.3. Para que ocorra transição do eletrão do nível  $n = 2$  para o nível  $n = 3$  é necessário que seja absorvida uma energia igual a  $\Delta E = E_3 - E_2$  :

$$\Delta E = E_3 - E_2 = -0,24 \times 10^{-18} \text{ J} - (-0,54 \times 10^{-18} \text{ J}) = 3,0 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Como a energia da radiação incidente é diferente de  $3,0 \times 10^{-19} \text{ J}$ , a transição eletrónica referida não ocorre.

13.1. (C) A variação de energia associada à transição eletrónica assinalada é a diferença entre a energia do nível  $n = 3$  e a energia do nível  $n = 4$ :  $(-0,24 \times 10^{-18} \text{ J}) - (-0,14 \times 10^{-18} \text{ J})$ .

- 13.2. (C)** A transição eletrónica assinalada é entre o nível  $n = 4$  e o nível  $n = 3$ , correspondendo assim a uma risca na região do infravermelho no espectro de emissão do átomo de hidrogénio.
- 13.3. (A)** No átomo de hidrogénio, a variação de energia associada à transição do eletrão do nível 2 para o nível 1 é a diferença entre a energia do nível  $n = 1$  e a energia do nível  $n = 2$ :  $(-2,18 \times 10^{-18} \text{ J}) - (-0,54 \times 10^{-18} \text{ J})$ .
- 13.4. (C)** Num qualquer átomo, uma transição eletrónica de um nível de energia superior para o nível 1 envolve emissão de radiação. As transições de níveis de energia superiores para o nível 1 envolvem, no átomo de hidrogénio, emissão de radiação ultravioleta.

**14. •** Determinação da energia da radiação emitida na transição eletrónica considerada:

Escala da figura  $\rightarrow 3,00 \text{ cm} : 0,50 \times 10^{-19} \text{ J}$

Distância a que a risca assinalada pela letra R se encontra da posição, sobre o eixo, correspondente a uma energia de  $4,50 \times 10^{-19} \text{ J} \rightarrow 0,45 \text{ cm}$

$$\frac{3,00 \text{ cm}}{0,50 \times 10^{-19} \text{ J}} = \frac{0,45}{x} \quad \Leftrightarrow \quad x = 7,50 \times 10^{-21} \text{ J}$$

$$\text{Energia da radiação emitida} = 4,50 \times 10^{-19} \text{ J} + 7,50 \times 10^{-21} \text{ J} = 4,58 \times 10^{-19} \text{ J}$$

• Determinação da energia do nível em que o eletrão se encontrava inicialmente:

A risca assinalada pela letra R situa-se na região do visível, logo é originada por uma transição eletrónica para o nível  $n = 2$ .

$$E_{\text{inicial}} = E_2 + E_{\text{radiação emitida}} \quad E_{\text{inicial}} = -5,45 \times 10^{-19} + 4,58 \times 10^{-19} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow E_{\text{inicial}} = -8,7 \times 10^{-20} \text{ J}$$

- 15.1.**  $2,18 \times 10^{-18} \text{ J}$  A energia mínima necessária para remover o eletrão de um átomo de hidrogénio no estado fundamental é o simétrico da energia do nível  $n = 1$  e corresponde à energia necessária para que ocorra a transição entre  $n = 1$  e  $n = \infty$  ( $E_{n=\infty} = 0$ ).
- 15.2. (A)** A transição do eletrão do átomo de hidrogénio do nível 1 para o nível 2 envolve a absorção de uma energia que corresponde à diferença entre a energia do nível  $n = 2$  e a energia do nível  $n = 1$ :  $(-5,45 \times 10^{-19} \text{ J}) - (-2,18 \times 10^{-18} \text{ J})$ .
- 15.3.** Verifica-se que, somando a energia da radiação incidente ( $1,80 \times 10^{-18} \text{ J}$ ) à energia do nível  $n = 1$  ( $-2,18 \times 10^{-18} \text{ J}$ ), se obtém um valor de energia ( $-3,8 \times 10^{-19} \text{ J}$ ) que não corresponde à energia de qualquer nível do átomo de hidrogénio.  
Conclui-se, assim, que não ocorre transição do eletrão.
- 15.4. (A)** Sendo a risca considerada uma risca do espectro de emissão do átomo de hidrogénio na região do visível, a transição que ocorre é entre um nível de energia superior e o nível  $n = 2$ . Como o valor de energia a que aparece a risca no espectro é a energia associada à transição considerada, a energia do nível em que o eletrão se encontrava inicialmente pode ser calculada somando  $4,84 \times 10^{-19} \text{ J}$  à energia do nível  $n = 2$ .
- 16. (B)** Acor observada deve-se à emissão de radiação que acontece sempre que há transições eletrónicas entre níveis energéticos superiores e níveis energéticos inferiores.

- 17.1. **Eletrões de valência.** Os eletrões de valência de um átomo são aqueles que, no estado fundamental, ocupam as orbitais do nível energético mais elevado. Estes eletrões estão, em média, mais afastados do núcleo do que os eletrões do cerne do átomo, sofrendo por isso menor atração por parte do respetivo núcleo. Assim, estes eletrões estão mais disponíveis para participarem nas reações químicas.
- 17.2. **Orbital.**
- 17.3. **(B)**
- 17.4. **(C)** Os eletrões de um átomo de carbono no estado fundamental distribuem-se por uma orbital 1s, uma orbital 2s e duas orbitais 2p, a que correspondem três valores diferenciados de energia.
- 17.5. **(C)** Os átomos de quaisquer isótopos de um mesmo elemento têm o mesmo número atómico, apresentando assim igual número de eletrões, números de massa diferentes e diferente número de neutrões.
- 18.1. **(D)** A configuração eletrónica de um átomo de cloro no estado fundamental é  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ , o que permite concluir que existem, no total, sete eletrões de valência (os eletrões das orbitais do nível energético  $n = 3$ ) distribuídos por quatro orbitais – uma orbital 3s e três orbitais 3p.
- 18.2. **Energia de ionização de um átomo de cloro.**
- 19.1. **Estado de menor energia do átomo.**
- 19.2. **(A)** Um átomo do elemento que pertence ao 2.º período e ao grupo 15 da tabela periódica apresenta 5 eletrões de valência distribuídos pelas orbitais 2s e 2p a que correspondem dois valores diferenciados de energia.
- 19.3. **(B)** O elemento cujo número atómico é 8 é o oxigénio. Das configurações eletrónicas apresentadas a única que pode corresponder a um átomo de oxigénio num estado excitado é aquela que apresenta o máximo de dois eletrões em cada orbital e que não corresponde à configuração de menor energia possível.
- 20.1. **(C)** A configuração eletrónica de um átomo de nitrogénio, no estado fundamental, é  $1s^2 2s^2 2p^3$ . Existem cinco eletrões de valência, distribuídos por quatro orbitais (uma orbital 2s e três orbitais 2p).
- 20.2. **(B)**  ${}_{7}\text{N} - 1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ . Os eletrões de valência do átomo de nitrogénio, no estado fundamental, encontram-se distribuídos por 4 orbitais (2s, 2p<sub>x</sub>, 2p<sub>y</sub> e 2p<sub>z</sub>). Destas, a orbital 2s tem energia inferior às das restantes orbitais (as orbitais 2p têm todas a mesma energia).
- 20.3. O nitrogénio antecede o fósforo no mesmo grupo da tabela periódica (grupo 15). Como a energia de ionização apresenta tendência para diminuir ao longo de um grupo, a energia de ionização do nitrogénio será superior à do fósforo.
- 21.1. **(C)**  ${}_{6}\text{C} - 1s^2 2s^2 2p^2$ ;  ${}_{7}\text{N} - 1s^2 2s^2 2p^3$ ;  ${}_{8}\text{O} - 1s^2 2s^2 2p^4$ . As configurações eletrónicas dos átomos de carbono, nitrogénio e oxigénio no estado de energia mínima têm apenas em comum a configuração  $1s^2 2s^2$ , apresentando assim o mesmo número de orbitais s totalmente preenchidas.

- 21.2. (D) A configuração eletrônica de um átomo de carbono, no estado fundamental, é  $1s^2 2s^2 2p^2$ . Existem quatro elétrons de valência, distribuídos por três orbitais (uma orbital 2s e duas orbitais 2p).
- 21.3. (D) O carbono e o nitrogênio são elementos que ocupam posições consecutivas no mesmo período da tabela periódica. Como a energia de ionização aumenta, em geral, ao longo de um mesmo período, será de prever que a energia de ionização do carbono seja inferior à energia de ionização do nitrogênio.
- 21.4.  $3,0 \times 10^{-19} \text{ J}$ .  $\Delta E_{3-2} = E_2 - E_3 = -0,54 \times 10^{-18} \text{ J} - (-0,24 \times 10^{-18} \text{ J}) = -3,0 \times 10^{-19} \text{ J}$  ;  
 $E_{\text{radiação emitida}} = |\Delta E_{3-2}| = 3,0 \times 10^{-19} \text{ J}$
- 22.1. (B) Das configurações eletrônicas apresentadas a única que pode corresponder a um átomo de enxofre num estado excitado é aquela que apresenta o máximo de dois elétrons em cada orbital e que não corresponde à configuração de menor energia possível.
- 22.2. O enxofre encontra-se no grupo 16 da tabela periódica, o que significa que os átomos de enxofre têm seis elétrons de valência, apresentando uma grande tendência para ganhar dois elétrons. Conclui-se, assim, que a carga dos íões sulfureto será  $-2$ .
- 22.3. (B)  ${}_8\text{O} - 1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$ . A configuração eletrônica de um átomo de oxigênio, no estado fundamental, mostra que existem apenas duas orbitais de valência (2p) semipreenchidas.
- 22.4. O sódio precede o enxofre no mesmo período da tabela periódica (3.º período). Como o raio atômico apresenta tendência para diminuir ao longo de um período, o sódio apresentará maior raio atômico do que o enxofre.
23. (C) O iodo e o flúor apresentam comportamento químico semelhante porque são elementos do mesmo grupo da tabela periódica o que significa que apresentam o mesmo número de elétrons de valência.
- 24.1. (D) Os átomos que apresentam configurações eletrônicas de valência semelhantes são átomos de elementos de um mesmo grupo da tabela periódica, que apresentam, assim, um número igual de elétrons de valência.
- 24.2. Ao longo de um mesmo grupo da tabela periódica (à medida que o número atômico aumenta), os elétrons de valência dos átomos dos elementos representativos encontram-se em níveis de energia sucessivamente mais elevados.  
Assim, sendo a energia dos elétrons mais energéticos sucessivamente maior, a energia mínima necessária para remover um desses elétrons, no estado fundamental, será cada vez menor.
25. Os elétrons mais energéticos dos átomos dos elementos do 2.º período da tabela periódica encontram-se todos no mesmo nível de energia (nível  $n = 2$ ). Como a carga nuclear aumenta ao longo do período, a força de atração núcleo-elétron é cada vez mais intensa, pelo que deverá ser cada vez mais difícil remover um dos elétrons mais energéticos. Consequentemente, a energia de ionização apresenta uma tendência geral para aumentar ao longo do 2.º período da tabela periódica.



26. (C) A energia de ionização de um átomo é a energia mínima necessária para remover um eletrão do átomo, isolado e em fase gasosa, no estado fundamental. Assim, a partir do átomo de oxigénio formar-se-á o ião  $O^+(g)$ .
27. (B) O ião  $O^+$  tem menos um eletrão do que o átomo de oxigénio:  ${}_8O^+ - 1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$ . Os eletrões de valência do ião  $O^+$ , no estado fundamental, encontram-se distribuídos por 4 orbitais ( $2s$ ,  $2p_x$ ,  $2p_y$  e  $2p_z$ ). Destas orbitais, apenas uma está completamente preenchida (a orbital  $2s$ ). Há três eletrões de valência desemparelhados.
28. Lítio (Li) O oxigénio pertence ao 2.º período da tabela periódica. Como o raio atómico tem tendência a diminuir ao longo de um período, o elemento do 2.º período com maior raio será o lítio.
29.  ${}_6C - 1s^2 2s^2 2p^2$ ;  ${}_8O - 1s^2 2s^2 2p^4$ .  
Os eletrões de valência dos átomos de carbono e de oxigénio no estado fundamental encontram-se no mesmo nível de energia ( $n = 2$ ). Sendo a carga nuclear do átomo de oxigénio (+8) superior à do átomo de carbono (+6), a força atrativa exercida pelo núcleo do átomo de oxigénio sobre os seus eletrões de valência é maior do que a força atrativa exercida pelo núcleo do átomo de carbono sobre os seus eletrões de valência, pelo que o raio atómico do oxigénio é menor do que o raio atómico do carbono.
30. (D) A energia mínima necessária para remover 1 mol de eletrões ( $6,02 \times 10^{23}$  eletrões) a 1 mol de átomos de oxigénio no estado fundamental, isolados e em fase gasosa é  $1,31 \times 10^3 \text{ kJ} = 1,31 \times 10^6 \text{ J}$ . Então, a energia mínima necessária para remover um eletrão a um átomo de oxigénio no estado fundamental, isolado e em fase gasosa será  $\frac{1,31 \times 10^6 \text{ J}}{6,02 \times 10^{23}} = 2,18 \times 10^{-18} \text{ J}$ . A configuração eletrónica do átomo de oxigénio no estado fundamental é  ${}_8O - 1s^2 2s^2 2p^4$ . As orbitais  $2p$  são mais energéticas do que as orbitais  $2s$ , sendo necessária menos energia para remover um eletrão de uma orbital  $2p$  do que de uma orbital  $2s$ .
31.  $Li(g) \rightarrow Li^+(g) + e^-$
32. Os eletrões de valência dos átomos de carbono e de nitrogénio, no estado fundamental, encontram-se no mesmo nível de energia ( $n = 2$ ), uma vez que o carbono e o nitrogénio se encontram ambos no mesmo período da tabela periódica (2.º).  
Sendo a carga nuclear do átomo de carbono (+6) inferior à do átomo de nitrogénio (+7), a força atrativa exercida pelo núcleo do átomo de carbono sobre os seus eletrões de valência é menor do que a força exercida pelo núcleo do átomo de nitrogénio sobre os seus eletrões de valência.  
Assim, será necessária menos energia para remover um dos eletrões de valência mais energéticos do átomo de carbono do que para remover um dos eletrões de valência mais energéticos do átomo de nitrogénio.
33. Configurações eletrónicas do lítio e do potássio, no estado fundamental:  ${}_3Li - 1s^2 2s^1$ ;  ${}_{19}K - 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ .  
O eletrão de valência do átomo de lítio encontra-se numa orbital  $2s$ , enquanto o do átomo de potássio se encontra numa orbital  $4s$ . Assim, o eletrão de valência do átomo de potássio encontra-se mais afastado do respetivo núcleo do que o do átomo de lítio. O eletrão de valência do átomo de potássio será, assim, menos atraído pelo núcleo, pelo que será mais facilmente removido.  
A reação do lítio com a água e a reação do potássio com a água envolvem a perda do eletrão de valência dos respetivos átomos. Como o átomo de potássio perde mais facilmente o seu eletrão de valência do que o átomo de lítio, o potássio reage mais violentamente com a água do que o lítio.

34.1 (A)

34.2. (B)  $n.º$  de neutrões =  $n.º$  de massa –  $n.º$  atómico, logo  $n.º$  de neutrões =  $63 - 29 = 34$

34.3. (B) O ião  $Al^{3+}$  tem 10 eletrões (menos três do que o átomo de alumínio), que se encontram distribuídos por cinco orbitais:  ${}_{13}Al^{3+} - 1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^2$ .

34.4. • Cálculo da massa de cobre na moeda

$$m_{\text{cobre}} = \frac{89}{100} \times 4,10 \text{ g} = 3,65 \text{ g}$$

• Cálculo do número de átomos de cobre na moeda:

$$M(\text{Cu}) = 63,55 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\frac{63,55 \text{ g Cu}}{6,02 \times 10^{23} \text{ átomos Cu}} = \frac{3,65 \text{ g}}{N} \Leftrightarrow N = 3,5 \times 10^{22} \text{ átomos de Cu}$$

---

# **RESOLUÇÕES**

## **QUÍMICA 10.º ANO**

**DOMÍNIO:**  
**Propriedades e transformações  
da matéria**

---

1. (D)
2.  $180^\circ$
3.  $:\ddot{\text{O}} = \text{C} = \ddot{\text{O}}:$  Na molécula de dióxido de carbono, não existem pares de eletrões de valência não ligantes no átomo de carbono (átomo central). Para minimizar as repulsões que se estabelecem entre os pares de eletrões ligantes, a molécula de dióxido de carbono assume uma geometria linear.
- 4.1. Ligação covalente tripla.  
A ligação que se estabelece entre os átomos de carbono, na molécula considerada, é uma ligação na qual três pares de eletrões são partilhados.
- 4.2. (A) A ligação  $\text{C} \equiv \text{C}$  é uma ligação que envolve a partilha de três pares de eletrões. É assim uma ligação mais forte do que uma ligação simples, apresentando uma maior energia de ligação e um menor comprimento de ligação.
- 5.1. O átomo de carbono ocupa o centro do tetraedro, situando-se os quatro átomos de hidrogénio nos vértices do tetraedro. Entre o átomo de carbono e os átomos de hidrogénio estabelecem-se ligações covalentes simples.
- 5.2. (A) Nas moléculas de metano todos os oito eletrões de valência são ligantes.
- 6.1. (B)
- 6.2. (D) A energia média da ligação  $\text{C} - \text{F}$  é  $467 \text{ kJ mol}^{-1} = 467 \times 10^3 \text{ J mol}^{-1}$ . Considerando apenas uma ligação, terá que se dividir a energia pela constante de Avogadro.
7. (B) A ligação carbono-oxigénio na molécula  $\text{CO}_2$  é uma ligação que envolve a partilha de dois pares de eletrões. É assim uma ligação mais fraca do que a ligação carbono-oxigénio na molécula  $\text{CO}$ , apresentando uma menor energia de ligação e um maior comprimento de ligação.
- 8.1. (A) A representação da molécula através da notação de Lewis evidencia a existência de 12 pares de eletrões de valência na molécula: 24 eletrões.
- 8.2. (D) Em 5,0 moles de moléculas de ácido acético existem 20 moles de átomos de hidrogénio, uma vez que em cada mole de moléculas do ácido existem 4 moles de átomos de hidrogénio. Multiplicando 20 moles pela constante de Avogadro obtém-se o número de átomos de hidrogénio que existem em 5,0 moles de moléculas de ácido acético.
9. (C) A ligação  $\text{C} \equiv \text{N}$  é uma ligação mais forte do que a ligação  $\text{C} - \text{N}$ , apresentando uma maior energia de ligação e um menor comprimento de ligação.
- 10.1. (D) O ião cianeto apresenta, no total, catorze eletrões (o mesmo número de eletrões que a molécula  $\text{N}_2$ ), dez dos quais são de valência – quatro do átomo de carbono, cinco do átomo de nitrogénio e um eletrão adicional por se tratar de um ião mononegativo.

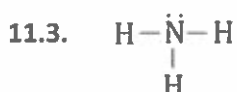
**10.2.** O carbono antecede o nitrogénio no mesmo período da tabela periódica. Como o raio atómico tende a diminuir ao longo do período, o átomo de nitrogénio terá menor raio do que o átomo de carbono.

Assim, o comprimento da ligação  $N \equiv N$  será menor do que o comprimento da ligação  $C \equiv N$ .

Para situações semelhantes, quanto menor for o comprimento da ligação, mais forte será a ligação. Será, assim, de prever que a ligação  $N \equiv N$  apresente maior energia de ligação.

**11.1. (D)**

**11.2. (A)** A molécula de  $NH_3$  apresenta uma geometria piramidal trigonal.



Na molécula  $NH_3$  existe um par de eletrões de valência não ligante no átomo de nitrogénio. As repulsões que se estabelecem entre este par de eletrões e os restantes três pares de eletrões de valência ligantes forçam a molécula a assumir uma geometria piramidal trigonal.

**12. (C)** A quebra de uma ligação química envolve sempre a absorção de energia. A formação de 2 mol de átomos de N a partir de 1 mol de moléculas de  $N_2$  implica partir 1 mol de ligações  $N \equiv N$  e, assim, a absorção de 941 kJ.

**13.** 10 eletrões. Na notação de Lewis representam-se apenas os eletrões de valência. Cada átomo de nitrogénio tem 5 eletrões de valência, pelo que a molécula  $N_2$  tem, no total, 10 eletrões de valência.

**14. (C)** A quebra de ligações químicas envolve sempre a absorção de energia, pelo que a variação de entalpia será positiva. Para dissociar 2 mol de moléculas será necessário o dobro da energia necessária para dissociar 1 mol.

**15.1.** Oito. O átomo de cloro tem sete eletrões de valência e o de hidrogénio tem um. Assim, a molécula de HCl terá oito eletrões de valência.

**15.2. (B)** O cloro antecede o iodo no mesmo grupo da tabela periódica. Como o raio atómico aumenta ao longo do grupo, o raio atómico do cloro será menor do que o raio atómico do iodo, pelo que o comprimento da ligação  $H - Cl$  deverá ser menor do que o comprimento da ligação  $H - I$ .

**16.1. (C)** A quebra de ligações envolve sempre a absorção de energia. A energia média da ligação simples  $N - N$  é necessariamente inferior à energia média da ligação tripla  $N \equiv N$ . Sendo a energia média de ligação  $N - N$   $193 \text{ kJ mol}^{-1}$ , a quebra das ligações triplas em 1 mol de moléculas de nitrogénio envolve a absorção de uma energia superior a 193 kJ.

**16.2.** Volume molar do  $N_2$ , nas condições de pressão e de temperatura referidas.

**16.3. (B)** Nas mesmas condições de pressão e de temperatura, todos os gases que se comportem como gases ideais têm o mesmo volume molar. Assim, nas mesmas condições de pressão e de temperatura, quantidades iguais de gases ocupam volumes iguais.

**16.4. (B)** A massa volúmica do nitrogénio, em condições normais de pressão e de temperatura, pode ser dada pelo quociente entre a massa molar do  $N_2$  ( $28,02 \text{ g mol}^{-1}$ ) e o volume molar do gás, nas mesmas condições de pressão e de temperatura ( $22,4 \times 10^3 \text{ cm}^3 \text{ mol}^{-1}$ ).

16.5. (A)

17.1. (D) Apenas 21%, em volume, do ar é oxigénio, pelo que o volume de oxigénio na amostra considerada será  $(0,21 \times 100) \text{ dm}^3$ . Como  $n = \frac{V}{V_m}$ , a quantidade de oxigénio na amostra será  $\frac{(0,21 \times 100)}{22,4} \text{ mol}$ , nas condições PTN. Assim, o número de moléculas de oxigénio que existem na amostra será  $\frac{(0,21 \times 100)}{22,4} \times 6,02 \times 10^{23}$

17.2. ▪ Determinação do volume, nas condições PTN, ocupado pela quantidade de oxigénio existente na amostra:

A amostra contém apenas 21%, em volume, de oxigénio, pelo que

$$V_{\text{O}_2} = \frac{21}{100} \times 5,0 \text{ dm}^3 = 1,05 \text{ dm}^3$$

▪ Determinação da quantidade de oxigénio existente na amostra:

Sendo o volume molar de um gás, em condições PTN,  $22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ , tem-se

$$\frac{22,4 \text{ dm}^3}{1 \text{ mol O}_2} = \frac{1,05 \text{ dm}^3}{n_{\text{O}_2}} \Leftrightarrow n_{\text{O}_2} = 4,69 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

▪ Determinação da massa de oxigénio existente na amostra:

$$M(\text{O}_2) = 2 \times 16,00 = 32,00 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\frac{1 \text{ mol O}_2}{32,00 \text{ g}} = \frac{4,69 \times 10^{-2} \text{ mol O}_2}{m} \Leftrightarrow m = 1,5 \text{ g}$$

17.3. (B)  $\ddot{\text{O}} = \ddot{\text{O}}$

18. (C) A amostra de ar contém apenas 21%, em volume, de oxigénio, pelo que o volume, em  $\text{dm}^3$ , ocupado pelo oxigénio na amostra de  $800 \text{ m}^3$  de ar, em quaisquer condições de pressão e de temperatura, será  $V_{\text{O}_2} = 800 \times 10^3 \text{ dm}^3 \times 0,21$ . Dividindo pelo volume molar, em quaisquer condições de pressão e de temperatura, obtém-se a quantidade aproximada de oxigénio que

$$\text{existia no balão: } n_{\text{O}_2} = \frac{800 \times 10^3 \times 0,21}{V_m} \text{ mol}$$

19.1.1. (C)  $\frac{0,05}{100} \times 10^6 = 5 \times 10^2$

19.1.2. (A)  $0,05\% (m/m) \Rightarrow$  há 0,05g de  $\text{CO}_2$  em 100g de ar seco. Então, em 1 kg (= 1000g) de ar seco haverá  $(0,05 \times 10)$  g de  $\text{CO}_2$ . Como  $n = \frac{m}{M}$  e a massa molar do  $\text{CO}_2$  é igual a  $44,01 \text{ g mol}^{-1}$ , a quantidade de  $\text{CO}_2$  em 1 kg de ar seco será  $n = \frac{0,05 \times 10}{44,01} \text{ mol}$

- 19.2. • Cálculo do volume ocupado por 23,14 g de  $O_2$ , nas condições normais de pressão e de temperatura:

$$M(O_2) = 2 \times 16,00 = 32,00 \text{ g mol}^{-1}$$

Nas condições normais de pressão e de temperatura, 1 mol de um gás ocupa um volume de  $22,4 \text{ dm}^3$ . Assim, nas referidas condições, 32,00 g de  $O_2$  (1 mol de  $O_2$ ) ocupam um volume de  $22,4 \text{ dm}^3$ .

$$\frac{32,00 \text{ g } O_2}{22,4 \text{ dm}^3} = \frac{23,14 \text{ g } O_2}{V_{O_2}} \Leftrightarrow V_{O_2} = 16,20 \text{ dm}^3$$

- Cálculo do volume ocupado por 100 g de ar seco, nas condições normais de pressão e de temperatura:

$$\rho_{\text{ar}} = \frac{m_{\text{ar}}}{V_{\text{ar}}} \quad 1,30 \text{ g dm}^{-3} = \frac{100 \text{ g}}{V_{\text{ar}}} \Leftrightarrow V_{\text{ar}} = \frac{100 \text{ g}}{1,30 \text{ g dm}^{-3}} = 76,92 \text{ dm}^3$$

- Cálculo da percentagem em volume de  $O_2$  no ar seco:

$$\% (V/V) = \frac{V_{O_2}}{V_{\text{ar}}} \times 100 \quad \% (V/V) = \frac{16,20 \text{ dm}^3}{76,92 \text{ dm}^3} \times 100 = 21,1\%$$

- 19.3 (C) Na molécula de dióxido de carbono não existem pares de eletrões de valência não ligantes no átomo central (átomo de carbono). Para minimizar as repulsões que se estabelecem entre os pares de eletrões ligantes, a molécula assume uma geometria linear.

20.1 Volume molar de um gás ideal, a  $20^\circ\text{C}$  e 1 atm.

- 20.2. • Como  $\rho_{\text{mistura}} = \frac{m_{\text{mistura}}}{V_{\text{mistura}}}$ , pode-se determinar a massa volúmica da mistura gasosa calculando o volume ocupado por uma determinada massa dessa mistura (por exemplo, 100 g). O cálculo desse volume envolve a determinação da quantidade de  $O_2(g)$  e de  $N_2(g)$  existente na massa de mistura considerada.

- Cálculo da quantidade de  $O_2$ , em 100 g de mistura gasosa:

Em 100 g de mistura gasosa há 76,5 g de  $N_2(g)$  e 23,5 g de  $O_2(g)$ .

$$M(O_2) = 2 \times 16,00 = 32,00 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\frac{1 \text{ mol } O_2}{32,00 \text{ g}} = \frac{n_{O_2}}{23,5 \text{ g}} \Leftrightarrow n_{O_2} = 0,7344 \text{ mol}$$

- Cálculo da quantidade de  $N_2$ , em 100 g de mistura gasosa:

$$M(N_2) = 2 \times 14,01 = 28,02 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\frac{1 \text{ mol } N_2}{28,02 \text{ g}} = \frac{n_{N_2}}{76,5 \text{ g}} \Leftrightarrow n_{N_2} = 2,370 \text{ mol}$$

- Cálculo do volume ocupado por 100 g da mistura gasosa:

A quantidade total de gás existente em 100 g de mistura gasosa é a soma das quantidades de  $O_2$  e de  $N_2$  existentes nessa massa de mistura.

$$n = n_{O_2} + n_{N_2} \quad n = 0,7344 + 2,370 = 3,464 \text{ mol}$$

Por leitura do gráfico, verifica-se que, nas condições de pressão e de temperatura em que a mistura se encontra, 5,0 mol de gás ocupam um volume de  $120 \text{ dm}^3$ .

$$\frac{5,0 \text{ mol}}{120 \text{ dm}^3} = \frac{3,464 \text{ mol}}{V} \Leftrightarrow V = 83,1 \text{ dm}^3$$

- Cálculo da massa volúmica da mistura gasosa, nas condições de pressão e de temperatura consideradas:

$$\rho_{\text{mistura}} = \frac{m_{\text{mistura}}}{V_{\text{mistura}}} \quad \rho_{\text{mistura}} = \frac{100 \text{ g}}{83,1 \text{ dm}^3} = 1,2 \text{ g dm}^{-3}$$

- 21. (B)** Nas mesmas condições de pressão e de temperatura, o volume ocupado por um gás é diretamente proporcional à quantidade desse gás. Assim, nas mesmas condições de pressão e de temperatura, o volume ocupado por 0,5 mol de oxigénio é aproximadamente um meio do volume ocupado por 32 g (1 mol) desse mesmo gás.

- 22.1. (B)** Se o teor médio de  $CO_2$  na troposfera é cerca de  $3,9 \times 10^{-2} \%$ , em volume, o mesmo teor expresso em partes por milhão, em volume, poderá ser obtido considerando

$$\frac{3,9 \times 10^{-2} \text{ dm}^3}{100 \text{ dm}^3} = \frac{x}{10^6 \text{ dm}^3} \Leftrightarrow x = \frac{3,9 \times 10^{-2} \times 10^6}{10^2} \text{ ppm V.}$$

- 22.2. •** Determinação do volume de  $CO_2$  na amostra de  $10,0 \text{ dm}^3$  de ar troposférico:

$$\frac{3,9 \times 10^{-2} \text{ dm}^3 \text{ CO}_2}{100 \text{ dm}^3 \text{ de ar}} = \frac{V_{\text{CO}_2}}{10,0 \text{ dm}^3 \text{ de ar}} \Leftrightarrow V_{\text{CO}_2} = \frac{3,9 \times 10^{-2} \text{ dm}^3 \times 10,0 \text{ dm}^3}{100 \text{ dm}^3} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow V_{\text{CO}_2} = 3,90 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$$

- Determinação da quantidade de  $CO_2$  que existe nessa amostra de ar, em condições PTN:

Sendo o volume molar de um gás, em condições PTN,  $22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ , tem-se

$$\frac{1 \text{ mol CO}_2}{22,4 \text{ dm}^3} = \frac{n_{\text{CO}_2}}{3,90 \times 10^{-3} \text{ dm}^3} \Leftrightarrow n_{\text{CO}_2} = \frac{3,90 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 \times 1 \text{ mol}}{22,4 \text{ dm}^3} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow n_{\text{CO}_2} = 1,74 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

- Determinação do número de moléculas de  $CO_2$  que existem na referida amostra:

$$\frac{1 \text{ mol CO}_2}{6,02 \times 10^{23} \text{ moléculas}} = \frac{1,74 \times 10^{-4} \text{ mol CO}_2}{N_{\text{CO}_2}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow N_{\text{CO}_2} = \frac{6,02 \times 10^{23} \times 1,74 \times 10^{-4} \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow N_{\text{CO}_2} = 1,0 \times 10^{20} \text{ moléculas}$$



22.3. 27,29 %  $M(\text{CO}_2) = 12,01 + 2 \times 16,00 = 44,01 \text{ g mol}^{-1}$  ;

$$\frac{12,01 \text{ g C}}{44,01 \text{ g CO}_2} = \frac{x}{100 \text{ g CO}_2} \Leftrightarrow x = 27,29 \text{ g de C (em 100 g de CO}_2)$$

22.4. (C) A massa volúmica das amostras de  $\text{CO}_2$  (g), nas mesmas condições de pressão e de temperatura, é independente do número de moléculas desse gás existentes nessas amostras.

22.5. •  $M(\text{CO}_2) = 12,01 + 2 \times 16,00 = 44,01 \text{ g mol}^{-1}$

$$\frac{N_A}{2} \text{ moléculas de CO}_2(\text{g}) \text{ corresponde a } \frac{1}{2} \text{ mol de moléculas de CO}_2(\text{g}).$$

### 1.ª Resolução

• Determinação do volume molar do  $\text{CO}_2$  (g), nas condições de pressão e de temperatura referidas:

$$\rho = \frac{M}{V_m} \quad 1,80 \text{ g dm}^{-3} = \frac{44,01 \text{ g mol}^{-1}}{V_m} \Leftrightarrow V_m = \frac{44,01 \text{ g mol}^{-1}}{1,80 \text{ g dm}^{-3}} \Leftrightarrow V_m = 24,45 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$$

• Determinação do volume ocupado por  $\frac{N_A}{2}$  moléculas de  $\text{CO}_2$  (g) nas condições de pressão e de temperatura referidas:

$$\frac{1 \text{ mol moléculas}}{24,45 \text{ dm}^3} = \frac{\frac{1}{2} \text{ mol moléculas}}{V} \Leftrightarrow V = 12,2 \text{ dm}^3$$

### 2.ª Resolução

• Determinação da massa de  $\frac{1}{2}$  mol de moléculas de  $\text{CO}_2$  (g):

$$m = \frac{44,01}{2} = 22,005 \text{ g}$$

• Determinação do volume ocupado por  $\frac{N_A}{2}$  moléculas de  $\text{CO}_2$  (g) nas condições de pressão e de temperatura referidas:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad 1,80 \text{ g dm}^{-3} = \frac{22,005 \text{ g}}{V} \Leftrightarrow V = \frac{22,005 \text{ g}}{1,80 \text{ g dm}^{-3}} \Leftrightarrow V = 12,2 \text{ dm}^3$$

22.6. (A) Numa molécula de propano existem três átomos de carbono ligados entre si por ligações covalentes simples.

23.1. (B)  $\frac{1,7 \text{ dm}^3 \text{ CH}_4}{10^6 \text{ dm}^3 \text{ ar}} = \frac{x}{100 \text{ dm}^3 \text{ ar}} \Leftrightarrow x = 1,7 \times 10^{-4} \text{ dm}^3 \text{ CH}_4$  (em  $100 \text{ dm}^3$  de ar)

23.2. Três vezes. Volumes iguais de gases, nas mesmas condições de pressão e de temperatura, contêm o mesmo número de moléculas, logo a mesma quantidade de matéria. Assim,

$$n_{\text{CH}_4} = n_{\text{N}_2\text{O}}$$

$$\frac{m_{\text{N}_2\text{O}}}{m_{\text{CH}_4}} = \frac{n_{\text{N}_2\text{O}} \times M(\text{N}_2\text{O})}{n_{\text{CH}_4} \times M(\text{CH}_4)} = \frac{M(\text{N}_2\text{O})}{M(\text{CH}_4)} \quad \frac{m_{\text{N}_2\text{O}}}{m_{\text{CH}_4}} = \frac{44,02 \text{ g mol}^{-1}}{16,05 \text{ g mol}^{-1}} = 2,74$$

- 23.3. • Determinação da quantidade de  $\text{CO}_2$  que existe no volume considerado, nas condições normais de pressão e de temperatura:

$$\frac{1 \text{ mol CO}_2}{22,4 \text{ dm}^3} = \frac{n_{\text{CO}_2}}{50,0 \text{ dm}^3} \Leftrightarrow n_{\text{CO}_2} = 2,232 \text{ mol}$$

- Determinação do número de moléculas de  $\text{CO}_2$  existentes:

$$\frac{1 \text{ mol CO}_2}{6,02 \times 10^{23} \text{ moléculas}} = \frac{2,232 \text{ mol}}{N_{\text{CO}_2}} \Leftrightarrow N_{\text{CO}_2} = 1,344 \times 10^{24} \text{ moléculas}$$

- Determinação do número total de átomos existentes:

Cada molécula de  $\text{CO}_2$  é constituída por três átomos (um de carbono e dois de oxigénio).

$$\text{Assim, } N_{\text{átomos}} = 3 \times 1,344 \times 10^{24} = 4,03 \times 10^{24} \text{ átomos}$$

24. 20,7 vezes Nas mesmas condições de pressão e de temperatura, todos os gases, desde que se comportem como gases ideais, têm o mesmo volume molar, pelo que

$$\frac{V_{\text{CH}_4}}{n_{\text{CH}_4}} = \frac{V_{\text{CO}}}{n_{\text{CO}}} \Leftrightarrow \frac{V_{\text{CH}_4}}{V_{\text{CO}}} = \frac{n_{\text{CH}_4}}{n_{\text{CO}}} \quad \text{Assim, } \frac{V_{\text{CH}_4}}{V_{\text{CO}}} = \frac{8,24}{0,398} = 20,7 .$$

- 25.1. • Cálculo da quantidade de metano existente na amostra de gás natural, nas condições normais de pressão e de temperatura:

$$V_{\text{CH}_4} = 0,70 \times V_{\text{amostra}} \quad V_{\text{CH}_4} = 0,70 \times 5,0 = 3,50 \text{ dm}^3$$

Sendo o volume molar de um gás, em condições PTN,  $22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ , tem-se

$$\frac{1 \text{ mol CH}_4}{22,4 \text{ dm}^3} = \frac{n_{\text{CH}_4}}{3,50 \text{ dm}^3} \Leftrightarrow n_{\text{CH}_4} = 0,156 \text{ mol}$$

- Cálculo do número de moléculas de metano que existem na amostra de gás natural:

$$\frac{1 \text{ mol CH}_4}{6,02 \times 10^{23} \text{ moléculas}} = \frac{0,156 \text{ mol CH}_4}{N_{\text{CH}_4}} \Leftrightarrow N_{\text{CH}_4} = 9,4 \times 10^{22} \text{ moléculas}$$

- 25.2. O comprimento das ligações H – O e H – S nas moléculas consideradas ( $\text{H}_2\text{O}$  e  $\text{H}_2\text{S}$ ) depende do raio atómico dos átomos ligados. Como o átomo de hidrogénio é comum às duas ligações, terá maior comprimento a ligação entre o átomo de hidrogénio e o átomo de maior raio atómico.

O oxigénio antecede o enxofre no mesmo grupo da tabela periódica. Como o raio atómico tende a aumentar ao longo do grupo, o átomo de enxofre terá maior raio do que o átomo de oxigénio.

É, assim, de prever que a ligação H – S, na molécula  $\text{H}_2\text{S}$ , tenha maior comprimento do que a ligação H – O, na molécula  $\text{H}_2\text{O}$ .

26. (A)

- 27.1. (C) Se a amostra de  $\text{H}_2\text{S}$  (g) tem o dobro do volume da amostra de  $\text{CH}_4$  (g), nas mesmas condições de pressão e de temperatura, a amostra de  $\text{H}_2\text{S}$  conterà o dobro da quantidade de moléculas e, assim, o dobro do número de moléculas da amostra de metano. Atendendo à estequiometria das moléculas dos dois gases, verifica-se que as amostras terão diferentes quantidades de átomos. Atendendo à relação entre os volumes das amostras e à estequiometria das moléculas, apenas a opção relativa ao número de átomos de hidrogénio existentes nas duas amostras é correta.

27.2. (B)

27.3. (D) Na molécula de  $\text{H}_2\text{S}$  existem, no total, oito eletrões de valência (seis do átomo de enxofre e um de cada um dos dois átomos de hidrogénio que se encontram ligados ao átomo de enxofre). Destes oito eletrões de valência, quatro são partilhados pelo átomo de enxofre e pelos átomos de hidrogénio. Os restantes quatro são eletrões de valência não ligantes.

28.1. (C) Sendo o volume de uma amostra de gás ideal diretamente proporcional à quantidade de gás existente na amostra, a pressão e a temperatura constantes, como decorre do gráfico apresentado, e considerando as amostras gasosas referidas, nas mesmas condições de pressão e de temperatura, se os gases tiverem o mesmo número de moléculas terão volumes iguais. As restantes opções que implicam uma relação com as massas dos gases ou com as respetivas massas volúmicas estão erradas, uma vez que as massas molares dos dois gases são diferentes.

28.2. • Determinação da quantidade de  $\text{SO}_2$  (g) que existe na amostra, em condições PTN:

$$V_{\text{SO}_2} = 50,0 \text{ cm}^3 = 50,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 = 5,00 \times 10^{-2} \text{ dm}^3$$

$$\frac{1 \text{ mol SO}_2}{22,4 \text{ dm}^3} = \frac{n_{\text{SO}_2}}{5,00 \times 10^{-2} \text{ dm}^3} \Leftrightarrow n_{\text{SO}_2} = 2,232 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

• Determinação do número de moléculas de  $\text{SO}_2$  (g) que existem na amostra:

$$\frac{1 \text{ mol SO}_2}{6,02 \times 10^{23} \text{ moléculas}} = \frac{2,232 \times 10^{-3} \text{ mol}}{N_{\text{SO}_2}} \Leftrightarrow N_{\text{SO}_2} = 1,34 \times 10^{21} \text{ moléculas}$$

29. 1,25 vezes. Nas mesmas condições de pressão e de temperatura, todos os gases, desde que se comportem como gases ideais, têm o mesmo volume molar,  $V_m$ , pelo que

$$\frac{\rho_{\text{SO}_3}}{\rho_{\text{SO}_2}} = \frac{\frac{M(\text{SO}_3)}{V_m}}{\frac{M(\text{SO}_2)}{V_m}} = \frac{M(\text{SO}_3)}{M(\text{SO}_2)} = \frac{32,07 + 3 \times 16,00}{32,07 + 2 \times 16,00} = 1,25$$

30.1. (B)  $\frac{0,860 \text{ dm}^3 \text{ HCN}}{10^6 \text{ dm}^3 \text{ ar}} = \frac{x}{100 \text{ dm}^3 \text{ ar}} \Leftrightarrow x = 8,60 \times 10^{-5} \text{ dm}^3 \text{ HCN}$  (em  $100 \text{ dm}^3$  de ar)

30.2. (A)  $\rho = \frac{m}{V} \Leftrightarrow \rho = \frac{M \times n}{V}$   $1,086 = \frac{27,03 \times n}{5,0} \Leftrightarrow n = \frac{1,086 \times 5,0}{27,03} \text{ mol}$

31. (C) Considerando as respetivas massas molares,  $4,00 \text{ g}$  de  $\text{He}$  (g) corresponde a  $1 \text{ mol}$  de  $\text{He}$  (g) e  $4,00 \text{ g}$  de  $\text{H}_2$  (g) corresponde a  $2,0 \text{ mol}$  de  $\text{H}_2$  (g). Assim, o volume ocupado por  $4,00 \text{ g}$  de  $\text{He}$  (g) será aproximadamente metade do volume ocupado por  $4,00 \text{ g}$  de  $\text{H}_2$  (g).

32.1. (A) A molécula  $\text{CO}$  é formada por 2 átomos, logo há  $2 \times 0,300 \text{ mol} = 0,600 \text{ mol}$  de átomos em  $0,300 \text{ mol}$  de  $\text{CO}$ . A molécula  $\text{H}_2\text{O}$  é formada por 3 átomos, logo há  $3 \times 0,300 \text{ mol} = 0,900 \text{ mol}$  de átomos em  $0,300 \text{ mol}$  de  $\text{H}_2\text{O}$ . A quantidade total de átomos na mistura é, assim,  $0,900 \text{ mol} + 0,600 \text{ mol} = 1,50 \text{ mol}$

32.2. • Determinação da massa da mistura gasosa:

$$m_{\text{mistura}} = m_{\text{CO}} + m_{\text{H}_2\text{O}} \quad m_{\text{mistura}} = n_{\text{CO}}M(\text{CO}) + n_{\text{H}_2\text{O}}M(\text{H}_2\text{O})$$

$$M(\text{CO}) = 12,01 + 16,00 = 28,01 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 2 \times 1,01 + 16,00 = 18,02 \text{ g mol}^{-1}$$

$$m_{\text{mistura}} = 0,300 \text{ mol} \times 28,01 \text{ g mol}^{-1} + 0,300 \text{ mol} \times 18,02 \text{ g mol}^{-1} \Leftrightarrow m_{\text{mistura}} = 13,809 \text{ g}$$

• Determinação da densidade da mistura gasosa no reator:

$$\rho_{\text{mistura}} = \frac{m_{\text{mistura}}}{V_{\text{mistura}}} \quad \rho_{\text{mistura}} = \frac{13,809 \text{ g}}{10,00 \text{ dm}^3} = 1,38 \text{ g dm}^{-3}$$

33.1. Geometria angular.

33.2. (B) Na molécula de  $\text{H}_2\text{O}$  existem, no total, oito eletrões de valência (seis do átomo de oxigénio e um de cada um dos dois átomos de hidrogénio que se encontram ligados ao átomo de oxigénio). Destes oito eletrões de valência, quatro são eletrões ligantes (partilhados pelo átomo de oxigénio e pelos átomos de hidrogénio), sendo os restantes eletrões de valência não ligantes.

33.3. • Cálculo do volume molar do gás, nas condições de pressão e de temperatura referidas:

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 2 \times 1,01 + 16,00 = 18,02 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\rho = \frac{M}{V_m} \Leftrightarrow V_m = \frac{M}{\rho}$$

$$V_m = \frac{18,02 \text{ g mol}^{-1}}{0,590 \text{ g dm}^{-3}} = 30,54 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$$

• Cálculo do volume ocupado por  $3,01 \times 10^{24}$  moléculas de  $\text{H}_2\text{O}$ , contidas na amostra pura de vapor de água, nas condições de pressão e de temperatura referidas:

$$\frac{1 \text{ mol moléculas}}{6,02 \times 10^{23} \text{ moléculas}} = \frac{n}{3,01 \times 10^{24} \text{ moléculas}} \Leftrightarrow n = 5,000 \text{ mol moléculas}$$

$$\frac{1 \text{ mol moléculas}}{30,54 \text{ dm}^3} = \frac{5,000 \text{ mol}}{V} \Leftrightarrow V = 153 \text{ dm}^3$$

34.1.  $6,02 \times 10^{22}$  átomos Na mistura gasosa existem  $5,00 \times 10^{-2}$  mol de  $\text{F}_2$ , logo, existem  $5,00 \times 10^{-2} \times 6,02 \times 10^{23} = 3,01 \times 10^{22}$  moléculas de  $\text{F}_2$ .

Como cada molécula é constituída por 2 átomos de flúor, existem  $3,01 \times 10^{22} \times 2 = 6,02 \times 10^{22}$  átomos de flúor nessa mistura.

34.2. • Cálculo da massa da mistura gasosa:

$$M(\text{F}_2) = 2 \times 19,00 = 38,00 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(\text{Cl}_2) = 2 \times 35,45 = 70,90 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\frac{1 \text{ mol F}_2}{38,00 \text{ g}} = \frac{5,00 \times 10^{-2} \text{ mol F}_2}{m_{\text{F}_2}} \Leftrightarrow m_{\text{F}_2} = 1,900 \text{ g}$$

$$\frac{1 \text{ mol Cl}_2}{70,90 \text{ g}} = \frac{8,00 \times 10^{-2} \text{ mol Cl}_2}{m_{\text{Cl}_2}} \Leftrightarrow m_{\text{Cl}_2} = 5,672 \text{ g}$$

$$m_{\text{mistura}} = m_{\text{F}_2} + m_{\text{Cl}_2}$$

$$m_{\text{mistura}} = 1,900 \text{ g} + 5,672 \text{ g} = 7,572 \text{ g}$$

• Cálculo do volume da mistura gasosa, nas condições normais de pressão e de temperatura:

$$n_{\text{mistura}} = n_{\text{F}_2} + n_{\text{Cl}_2}$$

$$n_{\text{mistura}} = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol} + 8,00 \times 10^{-2} \text{ mol} = 13,00 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

Nas condições normais de pressão e de temperatura, 1 mol de gás ocupa um volume de 22,4 dm<sup>3</sup>.

$$\frac{1 \text{ mol}}{22,4 \text{ dm}^3} = \frac{13,00 \times 10^{-2} \text{ mol}}{V_{\text{mistura}}} \Leftrightarrow V_{\text{mistura}} = 2,912 \text{ dm}^3$$

• Cálculo da massa volúmica da mistura gasosa, nas condições normais de pressão e de temperatura:

$$\rho_{\text{mistura}} = \frac{m_{\text{mistura}}}{V_{\text{mistura}}}$$

$$\rho_{\text{mistura}} = \frac{7,572 \text{ g}}{2,912 \text{ dm}^3} = 2,60 \text{ g dm}^{-3}$$

35.1. • Cálculo do volume molar do gás à pressão e à temperatura ambientes:

$$\rho_{\text{PTN}} = 1,8 \times \rho_{\text{PTAmb}} \quad \text{e} \quad \rho = \frac{M}{V_m} \Rightarrow \frac{M}{V_{\text{mPTN}}} = 1,08 \times \frac{M}{V_{\text{mPTAmb}}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{V_{\text{mPTN}}} = \frac{1,08}{V_{\text{mPTAmb}}} \Leftrightarrow V_{\text{mPTAmb}} = 1,08 \times V_{\text{mPTN}}$$

$$V_{\text{mPTAmb}} = 1,08 \times 22,4 = 24,19 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$$

• Cálculo da quantidade de amoníaco existente na amostra, à pressão e à temperatura ambientes:

$$200 \text{ cm}^3 = 0,200 \text{ dm}^3$$

$$\frac{1 \text{ mol}}{24,19 \text{ dm}^3} = \frac{n}{0,200 \text{ dm}^3} \Leftrightarrow n = \frac{1 \text{ mol} \times 0,200 \text{ dm}^3}{24,19 \text{ dm}^3} \Leftrightarrow n = 8,268 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

• Cálculo do número de moléculas de amoníaco que existem na amostra, à pressão e à temperatura ambientes:

$$\frac{1 \text{ mol}}{6,02 \times 10^{23} \text{ moléculas}} = \frac{8,268 \times 10^{-3} \text{ mol}}{N} \Leftrightarrow N = 4,98 \times 10^{21} \text{ moléculas}$$

35.2. •  $M(\text{NH}_3) = 14,01 + 3 \times 1,01 = 17,04 \text{ g mol}^{-1}$

$$V = 500 \text{ cm}^3 = 0,500 \text{ dm}^3$$

**1.ª Resolução:**

- Determinação do volume molar do  $\text{NH}_3$  (g), nas condições de pressão e de temperatura referidas:

$$\rho = \frac{M}{V_m} \quad 0,626 \text{ g dm}^{-3} = \frac{17,04 \text{ g mol}^{-1}}{V_m} \Leftrightarrow V_m = \frac{17,04 \text{ g mol}^{-1}}{0,626 \text{ g dm}^{-3}} \Leftrightarrow V_m = 27,22 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$$

- Determinação do número de moléculas de  $\text{NH}_3$  (g) que existe numa amostra de  $500 \text{ cm}^3$  ( $= 0,500 \text{ dm}^3$ ) desse gás, nas condições de pressão e de temperatura referidas:

Em 1 mol de moléculas de  $\text{NH}_3$  há  $6,02 \times 10^{23}$  moléculas desse gás. Então, nas condições de pressão e de temperatura consideradas, esse número de moléculas ocupa um volume de  $27,22 \text{ dm}^3$ .

$$\frac{6,02 \times 10^{23} \text{ moléculas NH}_3}{27,22 \text{ dm}^3} = \frac{N_{\text{NH}_3}}{0,500 \text{ dm}^3} \Leftrightarrow N_{\text{NH}_3} = 1,11 \times 10^{22} \text{ moléculas}$$

**2.ª Resolução:**

- Determinação da massa de  $\text{NH}_3$  (g) existente em  $500 \text{ cm}^3$  ( $= 0,500 \text{ dm}^3$ ) desse gás, nas condições de pressão e de temperatura referidas:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad 0,626 \text{ g dm}^{-3} = \frac{m}{0,500 \text{ dm}^3} \Leftrightarrow m = 0,626 \text{ g dm}^{-3} \times 0,500 \text{ dm}^3 \Leftrightarrow m = 0,3130 \text{ g}$$

- Determinação do número de moléculas de  $\text{NH}_3$  (g) existente na amostra considerada:

Em 1 mol de moléculas de  $\text{NH}_3$  há  $6,02 \times 10^{23}$  moléculas desse gás, pelo que

$$\frac{6,02 \times 10^{23} \text{ moléculas NH}_3}{17,04 \text{ g}} = \frac{N_{\text{NH}_3}}{0,3130 \text{ g}} \Leftrightarrow N_{\text{NH}_3} = 1,11 \times 10^{22} \text{ moléculas}$$

36.1. • 25 % (m/m)  $\Rightarrow$  25 g de soluto ( $\text{NH}_3$ ) por 100 g de solução

- Determinação da quantidade de  $\text{NH}_3$  existente em 100 g de solução:

$$\frac{1 \text{ mol NH}_3}{17,04 \text{ g}} = \frac{n_{\text{NH}_3}}{25 \text{ g}} \Leftrightarrow n_{\text{NH}_3} = 1,47 \text{ mol}$$

- Determinação do volume de 100 g de solução:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad 0,91 \text{ g cm}^{-3} = \frac{100 \text{ g}}{V_{\text{solução}}} \Leftrightarrow V_{\text{solução}} = \frac{100 \text{ g}}{0,91 \text{ g cm}^{-3}} \Leftrightarrow V_{\text{solução}} = 110 \text{ cm}^3 = 0,110 \text{ dm}^3$$

- Determinação da concentração da solução, na unidade pedida:

$$c = \frac{n_{\text{NH}_3}}{V_{\text{solução}}} \quad c = \frac{1,47 \text{ mol}}{0,110 \text{ dm}^3} \Leftrightarrow c = 13 \text{ mol dm}^{-3}$$

36.2. ▪ Volume de solução concentrada usado na preparação da solução diluída:

$$V_{\text{solução conc}} = 20,0 \text{ cm}^3 = 20,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$$

▪ Volume da solução diluída preparada:

$$V_{\text{solução dil}} = 100,0 \text{ cm}^3 = 100,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 = 1,000 \times 10^{-1} \text{ dm}^3$$

▪ Determinação da quantidade de amoníaco existente em  $20,0 \text{ cm}^3$  de solução concentrada (e usada na preparação da solução diluída):

$$c_{\text{solução conc}} = \frac{n_{\text{NH}_3}}{V_{\text{solução conc}}} \quad 7,34 \text{ mol dm}^{-3} = \frac{n_{\text{NH}_3}}{20,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow n_{\text{NH}_3} = 7,34 \text{ mol dm}^{-3} \times 20,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 \Leftrightarrow n_{\text{NH}_3} = 1,468 \times 10^{-1} \text{ mol}$$

▪ Determinação da concentração da solução diluída:

$$c_{\text{solução dil}} = \frac{n_{\text{NH}_3}}{V_{\text{solução dil}}} \quad c = \frac{1,468 \times 10^{-1} \text{ mol}}{1,000 \times 10^{-1} \text{ dm}^3} \Leftrightarrow c = 1,47 \text{ mol dm}^{-3}$$

37.1. (B)  $\% \text{ NH}_3 (m / m) = \frac{m_{\text{NH}_3}}{m_{\text{solução}}} \times 100$ . Considerando  $1 \text{ dm}^3$  de solução comercial de amoníaco,

$$\text{tem-se } m_{\text{solução}} = \rho V \Rightarrow m_{\text{solução}} = (0,91 \times 1000) \text{ g e } m_{\text{NH}_3} = nM \Leftrightarrow m_{\text{NH}_3} = cVM \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m_{\text{NH}_3} = (13 \times 1 \times 17,04) \text{ g.}$$

$$\text{Assim, } \% \text{ NH}_3 (m / m) = \frac{13 \times 17,04}{0,91 \times 1000} \times 100$$

37.2. (D) Para preparar  $1,0 \text{ dm}^3$  de uma solução 500 vezes mais diluída de amoníaco, o volume a retirar da solução-mãe terá que ser um volume 500 vezes menor do que  $1,0 \text{ dm}^3$ , ou seja,  $2,0 \text{ cm}^3$ .

38. (A) Sendo a concentração da solução aquosa de amoníaco  $0,10 \text{ mol dm}^{-3}$ ,  $50,0 \text{ cm}^3$  dessa solução corresponderá a uma quantidade de  $5,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$  de amoníaco. Dividindo esta quantidade pelo volume de solução a preparar ( $250,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$ ) determina-se a concentração da solução de amoníaco obtida que será  $2,0 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$ .

39.1. (B) A partir dos dados contidos na tabela, e comparando a quantidade de NaCl que existe em 1 kg de água do mar com as restantes quantidades referidas, conclui-se imediatamente que serão os iões  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  os iões presentes em maior quantidade na água do mar. Destes, o ião  $\text{Cl}^-$  surge em mais três componentes apresentados na tabela, pelo que será este ião que estará presente em maior quantidade na água do mar.

39.2. (D) Em  $1 \text{ kg} = 10^3 \text{ g}$  de água do mar existe  $0,02856 \text{ mol}$  de ião sulfato. Multiplicando essa quantidade pela massa molar do ião sulfato ( $96,07 \text{ g mol}^{-1}$ ), obtém-se a massa de ião sulfato que existe em  $10^3 \text{ g}$  de água do mar. Assim, a massa de ião sulfato que existe em  $10^6 \text{ g}$  de água do mar poderá ser calculada a partir da proporção  $\frac{(0,02856 \times 96,07) \text{ g}}{10^3 \text{ g}} = \frac{x}{10^6 \text{ g}}$

- 39.3.  $\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{—H} \\ | \\ \text{H} \end{array}$  Na molécula de água, existem dois pares de eletrões de valência não ligantes no átomo de oxigénio. As repulsões que se estabelecem entre estes pares de eletrões e os dois pares de eletrões de valência ligantes forçam a molécula a assumir uma geometria angular.

40. •  $M(\text{SO}_4^{2-}) = 32,07 + 4 \times 16,00 = 96,07 \text{ g mol}^{-1}$

$6,0 \text{ ppm (m/m)} \Rightarrow 6,0 \text{ g de soluto (SO}_4^{2-}) \text{ por } 10^6 \text{ g de solução (água do poço)}$

- Determinação da massa de ião sulfato que existia na amostra de água do poço:

$$\frac{6,0 \text{ g SO}_4^{2-}}{10^6 \text{ g água poço}} = \frac{m_{\text{SO}_4^{2-}}}{500 \text{ g água poço}} \Leftrightarrow m_{\text{SO}_4^{2-}} = 3,00 \times 10^{-3} \text{ g}$$

- Determinação da quantidade de ião sulfato correspondente:

$$\frac{1 \text{ mol SO}_4^{2-}}{96,07 \text{ g}} = \frac{n_{\text{SO}_4^{2-}}}{3,00 \times 10^{-3} \text{ g}} \Leftrightarrow n_{\text{SO}_4^{2-}} = 3,1 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

41. 1.ª Resolução:

- Cálculo da massa de  $100 \text{ cm}^3$  de solução concentrada de ácido sulfúrico:

$$\rho_{\text{solução}} = \frac{m_{\text{solução}}}{V_{\text{solução}}} \quad 1,84 \text{ g cm}^{-3} = \frac{m_{\text{solução}}}{100 \text{ cm}^3} \Leftrightarrow m_{\text{solução}} = 184 \text{ g}$$

- Cálculo da massa de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  que existe em  $100 \text{ cm}^3$  de solução concentrada:

$$\frac{100 \text{ g solução}}{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4} = \frac{184 \text{ g}}{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}} \Leftrightarrow m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1,8 \times 10^2 \text{ g}$$

2.ª Resolução:

- Cálculo do volume de  $100 \text{ g}$  de solução concentrada de ácido sulfúrico:

$$\rho_{\text{solução}} = \frac{m_{\text{solução}}}{V_{\text{solução}}} \quad 1,84 \text{ g cm}^{-3} = \frac{100 \text{ g}}{V_{\text{solução}}} \Leftrightarrow V_{\text{solução}} = 54,3 \text{ cm}^3$$

- Cálculo da massa de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  que existe em  $100 \text{ cm}^3$  de solução concentrada:

Há  $98 \text{ g}$  de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  em  $100 \text{ g}$  de solução, ou seja, há  $98 \text{ g}$  de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  em  $54,3 \text{ cm}^3$  de solução.

$$\frac{54,3 \text{ cm}^3 \text{ solução}}{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4} = \frac{100 \text{ cm}^3}{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}} \Leftrightarrow m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1,8 \times 10^2 \text{ g}$$

- 42.1. (A) Como a solução de ácido acético considerada tem uma concentração ( $0,50 \text{ mol dm}^{-3}$ ) que é 9 vezes menor do que a concentração da solução inicial ( $4,50 \text{ mol dm}^{-3}$ ), o fator de diluição a considerar será 9.

42.2. (A)  $\rho = \frac{m}{V}$ , pelo que o volume de  $100 \text{ g}$  de solução será  $1,0025 \times 10^3 \text{ g dm}^{-3} = \frac{100 \text{ g}}{V} \Leftrightarrow$

$$\Leftrightarrow V = \frac{100}{1,0025 \times 10^3} \text{ dm}^3. \text{ Como } c = \frac{n}{V}, \text{ tem-se } 0,50 = \frac{n}{\frac{100}{1,0025 \times 10^3}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow n = \left( \frac{0,50 \times 100}{1,0025 \times 10^3} \right) \text{ mol}$$



43. • Cálculo da massa de ácido acético dissolvida em 500 cm<sup>3</sup> da solução diluída de vinagre:

Grau de acidez do vinagre comercial = 6,0% ⇒ em 100 cm<sup>3</sup> de vinagre comercial há 6,0 g de ácido acético.

O vinagre comercial é diluído 20 vezes ⇒ em 100 cm<sup>3</sup> de solução diluída de vinagre há  $\frac{6,0 \text{ g}}{20} = 0,300 \text{ g}$  de ácido acético.

$$\frac{100 \text{ cm}^3 \text{ sol. diluída}}{0,300 \text{ g CH}_3\text{COOH}} = \frac{500 \text{ cm}^3 \text{ sol. diluída}}{m_{\text{CH}_3\text{COOH}}} \Leftrightarrow m_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1,50 \text{ g}$$

- Cálculo da quantidade de ácido acético dissolvida em 500 cm<sup>3</sup> da solução diluída de vinagre:

$$\frac{1 \text{ mol CH}_3\text{COOH}}{60,06 \text{ g CH}_3\text{COOH}} = \frac{n_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{1,50 \text{ g CH}_3\text{COOH}} \Leftrightarrow n_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 2,5 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

44. (C) Para que se formem duas moles de átomos de cloro, em fase gasosa, a partir de uma mole de Cl<sub>2</sub> (g) é necessário dissociar uma mole de moléculas de Cl<sub>2</sub> (g) (que contém duas moles de átomos de cloro), para o que é necessário fornecer uma energia de 242,7 kJ. Assim, a variação de energia associada à formação de duas moles de átomos de cloro a partir de uma mole de Cl<sub>2</sub> será 242,7 kJ.

- 45.1. (B) Na molécula de NH<sub>3</sub> existem, no total, oito elétrons de valência (cinco do átomo de nitrogénio e um de cada um dos três átomos de hidrogénio que se encontram ligados ao átomo de nitrogénio). Destes oito elétrons de valência, seis são elétrons ligantes (partilhados pelo átomo de nitrogénio e pelos átomos de hidrogénio). Os restantes dois elétrons de valência são não ligantes.

- 45.2. (A)

- 45.3. (B) Considerando que a quebra de ligações envolve a absorção de energia e a formação de ligações envolve a libertação de energia, a expressão que permite estimar a energia envolvida na quebra da ligação tripla na molécula de nitrogénio deverá considerar a energia necessária para quebrar 3 ligações H – H (+ 3 × 436,4 kJ), a energia que se liberta na formação de 6 ligações N – H (– 6 × 393 kJ) e o balanço da energia posta em jogo na reação considerada (–92,6 kJ). A resposta correta corresponde à opção B.

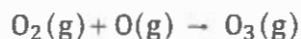
- 46.1.  $\text{:}\ddot{\text{O}} = \ddot{\text{O}}\text{:}$

- 46.2. (D) A energia, em joule, que deverá ser absorvida, pelo menos, para que ocorra a ionização de uma molécula de O<sub>2</sub> (g) corresponderá ao valor apresentado, convertido para J, e dividido pela constante de Avogadro.

- 46.3. As radiações absorvidas na estratosfera têm energias inferiores à energia de ionização da molécula de oxigénio, pelo que este processo não ocorre nessa camada da atmosfera. No entanto, as radiações de energia compreendida entre  $8,3 \times 10^{-19} \text{ J}$  e  $9,9 \times 10^{-19} \text{ J}$  têm energia suficiente para provocar a dissociação das moléculas de oxigénio. Assim, na estratosfera ocorre a dissociação das moléculas de oxigénio.

- 47.1. Radiação ultravioleta.

47.2. (B) Dividindo a massa de ozono (13 g) pela respetiva massa molar ( $48,0 \text{ g mol}^{-1}$ ) obtém-se a quantidade de ozono. Multiplicando esta quantidade pelo volume molar, nas condições normais de pressão e de temperatura ( $22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ ), obtém-se o volume ocupado pela massa de ozono considerada.



48.2. (B) A variação de energia, em joule, associada à formação de uma mole de moléculas de ozono será  $-1,05 \times 10^5 \text{ J}$ . Dividindo pela constante de Avogadro, obtém-se a variação de energia associada à formação de uma molécula de ozono.

48.3. As moléculas de oxigénio e de ozono absorvem grande parte da radiação UV-B que chega à estratosfera. Assim, aquelas moléculas impedem a passagem da radiação UV-B para a troposfera e a sua chegada à superfície terrestre.

48.4. A energia da radiação UV-B não é suficiente para quebrar as ligações C – F.



49.1. (C)

49.2. Os CFC são compostos quimicamente estáveis na troposfera. Os CFC originam radicais livres de cloro na estratosfera.

50.1. •  $M(\text{NaOH}) = 22,99 + 16,00 + 1,01 = 40,00 \text{ g mol}^{-1}$

$$V_{\text{solução}} = 250 \text{ cm}^3 = 250 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 = 2,50 \times 10^{-1} \text{ dm}^3$$

• Determinação da quantidade de NaOH que deve ser usada na preparação da solução:

$$c = \frac{n_{\text{NaOH}}}{V_{\text{solução}}} \quad 2,00 \text{ mol dm}^{-3} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{2,50 \times 10^{-1} \text{ dm}^3} \Leftrightarrow n_{\text{NaOH}} = 5,000 \times 10^{-1} \text{ mol}$$

• Determinação da massa de NaOH que os alunos devem medir para preparar essa solução:

$$\frac{1 \text{ mol NaOH}}{40,00 \text{ g}} = \frac{5,000 \times 10^{-1} \text{ mol}}{m} \Leftrightarrow m = 20,0 \text{ g}$$

50.2. • Cálculo do volume de 100 g de solução:

$$\rho_{\text{solução}} = \frac{m_{\text{solução}}}{V_{\text{solução}}}$$

$$1,219 = \frac{100}{V_{\text{solução}}} \Leftrightarrow V_{\text{solução}} = \frac{100}{1,219} \Leftrightarrow V_{\text{solução}} = 82,03 \text{ cm}^3 = 8,203 \times 10^{-2} \text{ dm}^3$$

• Cálculo da quantidade de NaOH existente em 100 g de solução:

Há 20 g de NaOH em 100 g de solução.

$$\frac{1 \text{ mol NaOH}}{40,00 \text{ g}} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{20 \text{ g}} \Leftrightarrow n_{\text{NaOH}} = 0,500 \text{ mol}$$

• Cálculo da concentração da solução, na unidade pedida:

$$c = \frac{n_{\text{NaOH}}}{V_{\text{solução}}} \quad c = \frac{0,500 \text{ mol}}{8,203 \times 10^{-2} \text{ dm}^3} \Leftrightarrow c = 6,1 \text{ mol dm}^{-3}$$

51.1.1.  $249,85 \text{ cm}^3 \leq V \leq 250,15 \text{ cm}^3$

De acordo com a incerteza indicada no balão ( $\pm 0,15 \text{ mL}$ ), o volume de líquido a ser medido com o balão estará compreendido entre  $250,00 \text{ cm}^3 - 0,15 \text{ cm}^3 = 249,85 \text{ cm}^3$  e  $250,00 \text{ cm}^3 + 0,15 \text{ cm}^3 = 250,15 \text{ cm}^3$

51.1.2. (D)

51.2.  $V_{\text{solução}} = 250,00 \text{ cm}^3 = 250,00 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 = 2,5000 \times 10^{-1} \text{ dm}^3$

• Determinação da quantidade de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  que foi usada na preparação da solução:

$$c = \frac{n_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}{V_{\text{solução}}} \quad 3,00 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3} = \frac{n_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3}}{2,5000 \times 10^{-1} \text{ dm}^3} \Leftrightarrow n_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} = 7,500 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

• Determinação da massa de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  que foi necessário medir para preparar essa solução:

$$\frac{1 \text{ mol Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{248,22 \text{ g}} = \frac{7,500 \times 10^{-3} \text{ mol}}{m} \Leftrightarrow m = 1,86 \text{ g}$$

51.3.1. (B) O fator de diluição a considerar na preparação da solução diluída será  $\frac{3,00 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}}{6,00 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}}$ ,

pelo que o volume de solução concentrada que os alunos tiveram que medir será

$$\frac{50,00}{\frac{3,00 \times 10^{-2}}{6,00 \times 10^{-3}}} \text{ cm}^3 = \frac{50,00 \times 6,00 \times 10^{-3}}{3,00 \times 10^{-2}} \text{ cm}^3.$$

51.3.2. (C)

52.1. (B)

52.2.  $2,500 \times 10^{-1} \text{ dm}^3$

52.3.1. • Volume da solução diluída que o aluno deve preparar:

$$V_{\text{solução dil}} = 50,0 \text{ cm}^3 = 50,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$$

• Determinação da quantidade de cloreto de sódio necessária à preparação da solução diluída:

$$c_{\text{solução dil}} = \frac{n_{\text{NaCl}}}{V_{\text{solução dil}}} \quad 0,23 \text{ mol dm}^{-3} = \frac{n_{\text{NaCl}}}{50,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow n_{\text{NaCl}} = 0,23 \text{ mol dm}^{-3} \times 50,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 \Leftrightarrow n_{\text{NaCl}} = 1,15 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

• Determinação do volume de solução inicial (mais concentrada) de cloreto de sódio que contém essa quantidade:

$$c_{\text{solução inicial}} = \frac{n_{\text{NaCl}}}{V_{\text{solução inicial}}} \quad 5,71 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3} = \frac{1,15 \times 10^{-2} \text{ mol}}{V_{\text{solução inicial}}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow V_{\text{solução inicial}} = \frac{1,15 \times 10^{-2} \text{ mol}}{5,71 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}} \Leftrightarrow V_{\text{solução inicial}} = 0,020 \text{ dm}^3$$

**52.3.2.** A primeira etapa é a medição do volume ( $20 \text{ cm}^3$ ) de solução inicial de cloreto de sódio, utilizando uma pipeta (graduada ou volumétrica). A segunda etapa é a transferência desse volume de solução para um balão volumétrico de  $50,0 \text{ mL}$ . A terceira etapa é perfazer o volume de  $50,0 \text{ cm}^3$  com água destilada, adicionando água destilada até ao traço de referência do balão volumétrico.

**53.1.** • Cálculo da quantidade de sulfato de cobre penta-hidratado necessária:

$$V_{\text{solução}} = 100,00 \text{ cm}^3 = 100,00 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$$

$$c = \frac{n_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}}{V_{\text{solução}}} \quad 0,400 = \frac{n_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}}{100,00 \times 10^{-3}} \Leftrightarrow n_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = 4,000 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

• Cálculo da massa de sulfato de cobre penta-hidratado necessária:

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 63,55 + 32,07 + 4 \times 16,00 + 5 \times (2 \times 1,01 + 16,00) = 249,72 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\frac{1 \text{ mol CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{249,72 \text{ g}} = \frac{4,000 \times 10^{-2} \text{ mol}}{m} \Leftrightarrow m = 9,99 \text{ g}$$

**53.2.** Espátula.

**53.3.** (D)

**53.4.** • Cálculo do volume da solução mais concentrada que foi necessário medir :

Os alunos dispunham apenas de um balão volumétrico de  $50 \text{ mL}$ , para preparar a solução. Terão, assim, preparado  $50 \text{ cm}^3$  de solução.

Como pretendiam preparar uma solução 2,5 vezes mais diluída, tiveram de transferir para o balão volumétrico  $\frac{50,00 \text{ cm}^3}{2,5} = 20,00 \text{ cm}^3$  da solução inicial (e, posteriormente, adicionar água até ao traço de referência do balão).

• Pipeta que permite a medição mais rigorosa do volume da solução inicial:

Pipeta volumétrica de  $20 \text{ mL}$  ( $\pm 0,03 \text{ mL}$ )

---

**RESOLUÇÕES**

**QUÍMICA 11.º ANO**

**DOMÍNIO:**  
**Equilíbrio químico**

---

1. • 13,0 kg butano =  $13,0 \times 10^3$  g butano

• Determinação da quantidade de butano existente na botija:

$$\frac{1 \text{ mol butano}}{58,14 \text{ g}} = \frac{n_{\text{butano}}}{13,0 \times 10^3 \text{ g}} \Leftrightarrow n_{\text{butano}} = 223,6 \text{ mol}$$

• Determinação da quantidade de oxigénio,  $\text{O}_2$  (g), necessária para a combustão completa dessa quantidade de butano, atendendo à estequiometria da reação (a combustão de 2 mol de butano consome 13 mol de oxigénio):

$$\frac{2 \text{ mol butano}}{13 \text{ mol oxigénio}} = \frac{223,6 \text{ mol butano}}{n_{\text{oxigénio}}} \Leftrightarrow n_{\text{oxigénio}} = 1,453 \times 10^3 \text{ mol}$$

• Determinação do volume de oxigénio,  $\text{O}_2$  (g), necessário para a combustão completa do butano existente na botija:

Sendo o volume molar de um gás, em condições PTN,  $22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ , tem-se

$$\frac{1 \text{ mol } \text{O}_2 \text{ (g)}}{22,4 \text{ dm}^3} = \frac{1,453 \times 10^3 \text{ mol}}{V_{\text{O}_2}} \Leftrightarrow V_{\text{O}_2} = 3,25 \times 10^4 \text{ dm}^3$$

2.1. (B) A estequiometria da reação (1 mol  $\text{CO}_2$  : 2 mol  $\text{H}_2\text{O}$ ) permite concluir que, das curvas 1 e 2 relativas à formação dos produtos da reação, a curva 1 corresponde a  $\text{H}_2\text{O}$  (g) e a curva 2 a  $\text{CO}_2$  (g). Das curvas 3 e 4, relativas ao consumo dos reagentes, a curva 3 corresponderá a  $\text{O}_2$  (g) enquanto a curva 4 corresponderá a  $\text{CH}_4$  (g) que se esgota no decorrer da reação – o gráfico refere-se a uma reação de combustão completa do metano.

2.2. • Determinação da quantidade de oxigénio existente em  $2,0 \text{ m}^3$  desse gás, em condições normais de pressão e de temperatura:

$$2,0 \text{ m}^3 = 2,0 \times 10^3 \text{ dm}^3$$

$$\frac{1 \text{ mol oxigénio}}{22,4 \text{ dm}^3} = \frac{n_{\text{oxigénio}}}{2,0 \times 10^3 \text{ dm}^3} \Leftrightarrow n_{\text{oxigénio}} = 89,3 \text{ mol}$$

• Determinação da energia libertada por reação dessa quantidade de oxigénio:

Por reação de 2 mol de oxigénio, liberta-se uma energia de 802 kJ.

$$\frac{2 \text{ mol oxigénio}}{802 \text{ kJ}} = \frac{89,3 \text{ mol oxigénio}}{E} \Leftrightarrow E = \frac{802 \times 89,3}{2} = 3,6 \times 10^4 \text{ kJ}$$

2.3. • Identificação da energia libertada na combustão de 1 mol de  $\text{CH}_4$  (g), ou seja, na combustão de 16,05 g de  $\text{CH}_4$  (g): 802 kJ.

• Determinação da energia libertada na combustão de 1,00 g de  $\text{CH}_4$  (g):

$$\frac{16,05 \text{ g}}{802 \text{ kJ}} = \frac{1,00 \text{ g}}{E} \quad E = 49,97 \text{ kJ}$$

• Determinação da energia transferida para a água, pela combustão de 1,00 g de  $\text{CH}_4$  (g):

Apenas 65,0% da energia libertada na combustão do  $\text{CH}_4$  (g) é transferida para a água, logo,

$$E_{\text{transferida}} = 0,650 \times 49,97 \text{ kJ} = 32,48 \text{ kJ} = 3,248 \times 10^4 \text{ J}$$

- Determinação da variação de temperatura sofrida pela amostra de água, por cada 1,00 g de  $\text{CH}_4$  (g), que sofreu combustão:

$$E_{\text{transferida}} = m c \Delta\theta$$

$$3,248 \times 10^4 = 0,500 \times 4,186 \times 10^3 \times \Delta\theta \Leftrightarrow \Delta\theta = \frac{3,248 \times 10^4}{0,500 \times 4,186 \times 10^3} \Leftrightarrow \Delta\theta = 15,5^\circ\text{C}$$

3.1. Significa que não há dissipação de energia no processo de aquecimento.

3.2. • Cálculo da energia que é necessária para aumentar em  $18^\circ\text{C}$  a temperatura da amostra de água:

$$E = mc\Delta T \quad E = 5,0 \times 4,18 \times 10^3 \times 18 = 3,76 \times 10^5 \text{ J}$$

- Cálculo da quantidade de metano que tem de reagir para libertar essa energia:

$$890 \text{ kJ} = 890 \times 10^3 \text{ J}$$

$$\frac{1 \text{ mol CH}_4}{890 \times 10^3 \text{ J}} = \frac{n_{\text{CH}_4}}{3,76 \times 10^5 \text{ J}} \Leftrightarrow n_{\text{CH}_4} = 0,422 \text{ mol}$$

- Cálculo do volume de metano, medido nas condições PTN, que tem de reagir para libertar essa energia:

$$\frac{1 \text{ mol CH}_4}{22,4 \text{ dm}^3} = \frac{0,422 \text{ mol}}{V_{\text{CH}_4}} \Leftrightarrow V_{\text{CH}_4} = 9,5 \text{ dm}^3$$

3.3. (C) N.º de oxidação do carbono na espécie  $\text{CH}_4$ :  $x + 4 \times (+1) = 0 \Leftrightarrow x = -4$

N.º de oxidação do carbono na espécie  $\text{CO}_2$ :  $x + 2 \times (-2) = 0 \Leftrightarrow x = +4$

Varição do número de oxidação do carbono:  $+4 - (-4) = +8$

4. De acordo com a estequiometria da reação, 1 mol de etanol reage com 4 mol de cloro:

$$\frac{1 \text{ mol etanol}}{4 \text{ mol cloro}} = \frac{3 \text{ mol etanol}}{x} \Leftrightarrow x = 12 \text{ mol cloro}$$

Como a quantidade de cloro utilizada (10,0 mol) é inferior à quantidade necessária para fazer reagir completamente 3,0 mol de etanol, conclui-se que o cloro é o reagente limitante.

5. (B) De acordo com a estequiometria da reação (1 mol etanal : 1 mol ácido acético), tem-se

$$\frac{44,06 \text{ g etanal}}{60,06 \text{ g ácido acético}} = \frac{0,64 \times 1,0 \times 10^3 \text{ g etanal}}{m_{\text{ácido acético}}}$$

6. • Determinação da massa de  $\text{CaC}_2$  (s) que existe na amostra:

A amostra contém 12% de impurezas, logo contém  $(100\% - 12\%) = 88\%$  de  $\text{CaC}_2$  (s).

$$m_{\text{CaC}_2} = \frac{88}{100} m_{\text{amostra}} \quad m_{\text{CaC}_2} = \frac{88}{100} \times 150 \text{ g} = 132 \text{ g}$$

- Determinação do volume de  $C_2H_2$  (g) que se deveria formar, em condições normais de pressão e de temperatura:

$$M(CaC_2) = 40,08 + 2 \times 12,01 = 64,10 \text{ g mol}^{-1}$$

De acordo com a estequiometria da reação, por reação de 1 mol de  $CaC_2$ , ou seja, de 64,10 g de  $CaC_2$ , obtém-se 1 mol de etino, ou seja, 22,4 dm<sup>3</sup> de etino, em condições PTN.

$$\frac{64,10 \text{ g } CaC_2}{22,4 \text{ dm}^3 C_2H_2} = \frac{132 \text{ g } CaC_2}{V_{C_2H_2 \text{ previsto}}} \Leftrightarrow V_{C_2H_2 \text{ previsto}} = \frac{22,4 \text{ dm}^3 \times 132 \text{ g}}{64,10 \text{ g}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow V_{C_2H_2 \text{ previsto}} = 46,13 \text{ dm}^3$$

- Determinação do rendimento da reação:

$$\eta = \frac{V_{\text{obtido}}}{V_{\text{previsto}}}$$

$$\eta = \frac{30,0 \text{ dm}^3}{46,13 \text{ dm}^3} = 0,65 \text{ ou } \eta(\%) = 65\%$$

7. • Determinação da massa de  $2,00 \times 10^2 \text{ cm}^3$  da solução de ácido nítrico:

$$\rho_{\text{solução}} = \frac{m_{\text{solução}}}{V_{\text{solução}}}$$

$$1,42 \text{ g cm}^{-3} = \frac{m_{\text{solução}}}{2,00 \times 10^2 \text{ cm}^3} \Leftrightarrow m_{\text{solução}} = 1,42 \text{ g cm}^{-3} \times 2,00 \times 10^2 \text{ cm}^3 = 284,0 \text{ g}$$

- Determinação da massa de  $HNO_3$  existente em  $2,00 \times 10^2 \text{ cm}^3$  da solução de ácido nítrico:

$$m_{HNO_3} = 68\% \times m_{\text{solução}} \quad m_{HNO_3} = 0,68 \times 284,0 \text{ g} = 193 \text{ g}$$

- Determinação da massa de  $HNO_3$  necessária para reagir com 80 g de cobre:

De acordo com a estequiometria da reação, 1 mol de cobre (63,55 g de cobre) reage com 4 mol de  $HNO_3$  ( $4 \times 63,02 \text{ g} = 252,08 \text{ g}$  de  $HNO_3$ )

$$\frac{63,55 \text{ g Cu}}{252,08 \text{ g } HNO_3} = \frac{80 \text{ g Cu}}{m_{HNO_3 \text{ necessária}}} \Leftrightarrow m_{HNO_3 \text{ necessária}} = 317 \text{ g}$$

- Identificação do reagente limitante:

A massa de  $HNO_3$  presente na solução (193 g) é inferior à massa de  $HNO_3$  necessária para reagir com 80 g de cobre. Conclui-se, assim, que  $HNO_3$  é o reagente limitante.

- 8.1. • Determinação da quantidade de  $Cu_2(OH)_2CO_3$  formada:

$$\frac{1 \text{ mol } Cu_2(OH)_2CO_3}{221,13 \text{ g}} = \frac{n_{Cu_2(OH)_2CO_3}}{12,7 \text{ g}} \Leftrightarrow n_{Cu_2(OH)_2CO_3} = 5,743 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

- Determinação da quantidade de cobre, Cu (s), que reagiu, a partir da estequiometria da reação (a corrosão de 2 mol de Cu (s) origina a formação de 1 mol de  $Cu_2(OH)_2CO_3$ ):

$$\frac{2 \text{ mol Cu}}{1 \text{ mol } Cu_2(OH)_2CO_3} = \frac{n_{Cu}}{5,743 \times 10^{-2} \text{ mol } Cu_2(OH)_2CO_3} \Leftrightarrow n_{Cu} = 1,149 \times 10^{-1} \text{ mol}$$



- Determinação da massa de cobre, Cu (s), que reagiu (sofreu corrosão):

$$M(\text{Cu}) = 63,55 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\frac{1 \text{ mol Cu}}{63,55 \text{ g}} = \frac{1,149 \times 10^{-1} \text{ mol}}{m_{\text{Cu}}} \Leftrightarrow m_{\text{Cu}} = 7,30 \text{ g}$$

- Determinação da percentagem, em massa, de cobre que sofreu corrosão:

Dos 360,0 g de cobre expostos ao ar, 7,30 g sofreram corrosão, pelo que

$$\frac{7,30}{360,0} \times 100 = 2,03\% \text{ do cobre sofreu corrosão.}$$

- 8.2. • Determinação da quantidade de prata, Ag (s), obtida:

$$M(\text{Ag}) = 107,87 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\frac{1 \text{ mol Ag}}{107,87 \text{ g}} = \frac{n_{\text{Ag}}}{2,65 \text{ g}} \Leftrightarrow n_{\text{Ag}} = 2,457 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

- Determinação da quantidade de cobre, Cu (s), que reagiu, a partir da estequiometria da reação (por reação de 1 mol de Cu (s) formam-se 2 mol de Ag (s)):

$$\frac{1 \text{ mol Cu}}{2 \text{ mol Ag}} = \frac{n_{\text{Cu}}}{2,457 \times 10^{-2} \text{ mol Ag}} \Leftrightarrow n_{\text{Cu}} = 1,23 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

- 8.3. • Determinação da massa de prata, Ag<sup>+</sup>, que precipitou:

$$M(\text{AgCl}) = 143,32 \text{ g mol}^{-1}$$

$$M(\text{Ag}) = 107,87 \text{ g mol}^{-1}$$

Em 1 mol de AgCl há 1 mol de Ag<sup>+</sup>, pelo que em 143,32 g de AgCl há 107,87 g de Ag<sup>+</sup>.

$$\frac{143,32 \text{ g AgCl}}{107,87 \text{ g Ag}^+} = \frac{0,85 \text{ g AgCl}}{m_{\text{Ag}^+}} \Leftrightarrow m_{\text{Ag}^+} = 0,640 \text{ g}$$

- Determinação da massa de prata, Ag, existente na moeda:

O valor calculado (0,640 g) corresponde à massa de prata existente em apenas 100 cm<sup>3</sup>, dos 1000 cm<sup>3</sup> de solução inicial. Assim, em 1000 cm<sup>3</sup> havia 10 × 0,640 g = 6,40 g. Como essa solução continha todos os metais da moeda dissolvidos, havia 6,40 g de prata na moeda.

- Determinação da percentagem, em massa, de prata na moeda analisada:

$$\frac{6,40 \text{ g Ag}}{14,10 \text{ g moeda}} \times 100 = 45\%$$

- 8.4. • Determinação da massa de cobre, Cu (s), existente na amostra:

$$\frac{100 \text{ g amostra}}{80 \text{ g Cu}} = \frac{150 \text{ g amostra}}{m_{\text{Cu}}} \Leftrightarrow m_{\text{Cu}} = 120 \text{ g}$$

- Determinação da quantidade de cobre, Cu (s), existente na amostra:

$$M(\text{Cu}) = 63,55 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\frac{1 \text{ mol Cu}}{63,55 \text{ g}} = \frac{n_{\text{Cu}}}{120 \text{ g}} \Leftrightarrow n_{\text{Cu}} = 1,89 \text{ mol}$$

- Determinação da quantidade de HNO<sub>3</sub> necessária para reagir com o cobre presente na amostra:

De acordo com a estequiometria da reação, 4 mol de HNO<sub>3</sub> reagem com 1 mol de Cu (s), pelo que

$$\frac{4 \text{ mol HNO}_3}{1 \text{ mol Cu}} = \frac{n_{\text{HNO}_3}}{1,89 \text{ mol Cu}} \Leftrightarrow n_{\text{HNO}_3} = 7,56 \text{ mol}$$

- Determinação do volume mínimo de solução de ácido nítrico que é necessário utilizar para fazer reagir todo o cobre presente na amostra:

$$c = \frac{n_{\text{HNO}_3}}{V_{\text{solução}}} \quad 15,0 \text{ mol dm}^{-3} = \frac{7,56 \text{ mol}}{V_{\text{solução}}} \Leftrightarrow V_{\text{solução}} = \frac{7,56 \text{ mol}}{15,0 \text{ mol dm}^{-3}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow V_{\text{solução}} = 0,50 \text{ dm}^3$$

9. (A) A massa de clorato de potássio na amostra é  $m = 38,7 \text{ g} - (0,05 \times 38,7) \text{ g} = 36,8 \text{ g}$ . Atendendo à estequiometria da reação (1 mol KClO<sub>3</sub> : 1 mol KCl),

$$\frac{122,55 \text{ g KClO}_3}{1 \text{ mol KCl}} = \frac{36,8 \text{ g KClO}_3}{n_{\text{KCl}}} \Leftrightarrow n_{\text{KCl}} = 0,300 \text{ mol}$$

- 10.1. ▪ Determinação da quantidade de HNO<sub>3</sub> existente em 20,0 cm<sup>3</sup> da solução desse ácido:

$$V_{\text{sol HNO}_3} = 20,0 \text{ cm}^3 = 20,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$$

$$c_{\text{HNO}_3} = \frac{n_{\text{HNO}_3}}{V_{\text{sol HNO}_3}} \quad 2,51 \times 10^{-2} = \frac{n_{\text{HNO}_3}}{20,0 \times 10^{-3}} \Leftrightarrow n_{\text{HNO}_3} = 2,51 \times 10^{-2} \times 20,0 \times 10^{-3} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow n_{\text{HNO}_3} = 5,02 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

- Identificação do reagente limitante:

Estequiometria da reação: 1 HNO<sub>3</sub> : 1 NH<sub>3</sub>

$$n_{\text{HNO}_3} = 5,02 \times 10^{-4} \text{ mol} \quad ; \quad n_{\text{NH}_3} = 3,00 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

Como a estequiometria da reação é de 1:1 e o HNO<sub>3</sub> está presente em maior quantidade, conclui-se que o NH<sub>3</sub> é o reagente limitante.

- Determinação da quantidade de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> formada na reação:

Por cada 1 mol de NH<sub>3</sub> que reage, forma-se 1 mol de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>. Assim, por reação de  $3,00 \times 10^{-4} \text{ mol}$  de NH<sub>3</sub> forma-se  $3,00 \times 10^{-4} \text{ mol}$  de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>.

- Determinação da concentração de NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (aq) na solução resultante:

$$V_{\text{solução}} = 20,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 + 20,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 = 40,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$$

$$c_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = \frac{n_{\text{NH}_4\text{NO}_3}}{V_{\text{solução}}} \quad c_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = \frac{3,00 \times 10^{-4} \text{ mol}}{40,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3} = 7,50 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$



A temperatura de uma amostra de água em que ocorra a dissolução do nitrato de amónio diminuirá.

11.1. Concentração de reagentes OU concentração de produtos de reação OU Pressão OU Temperatura OU Volume OU Densidade

11.2. (C) O equilíbrio que se estabelece num sistema químico é dinâmico *porque* as reações direta e inversa se continuam a dar. Estas reações ocorrem à mesma velocidade quando se estabelece uma situação de equilíbrio e por isso as concentrações dos reagentes e dos produtos, que se encontram todos presentes em simultâneo, mantêm-se constantes ao longo do tempo, não existindo alterações visíveis no sistema.

11.3. «[...] num sistema químico em equilíbrio, os reagentes e os produtos encontram-se todos presentes, em simultâneo [...]».

11.4. (B)

12.1. (A)

$$K_c = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2} \quad 2,2 \times 10^2 = \frac{0,030}{[\text{NO}_2]^2} \Leftrightarrow [\text{NO}_2]^2 = \frac{0,030}{2,2 \times 10^2} \Rightarrow [\text{NO}_2] = \sqrt{\frac{0,030}{2,2 \times 10^2}} \text{ mol dm}^{-3}$$

12.2. (D) Quando a temperatura do sistema aumenta, observa-se uma intensificação da cor castanha. Isso significa que um aumento de temperatura provoca um aumento da concentração de  $\text{NO}_2$ , ou seja, que um aumento de temperatura favorece a reação inversa. De acordo com o princípio de Le Châtelier, um aumento de temperatura favorece a reação endotérmica, pelo que a reação inversa será endotérmica e, conseqüentemente, a reação direta será exotérmica. Uma vez que ocorre um aumento da concentração de  $\text{NO}_2$  e, conseqüentemente, uma diminuição da concentração de  $\text{N}_2\text{O}_4$ , a constante de equilíbrio  $\left( K_c = \frac{[\text{N}_2\text{O}_4]}{[\text{NO}_2]^2} \right)$  diminui.

$$13.1. K_c = \frac{[\text{CO}][\text{H}_2]^3}{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]} \quad 292 = \frac{[\text{CO}] \times 12,0^3}{5,00 \times 5,00} \Leftrightarrow [\text{CO}] = \frac{292 \times 5,00 \times 5,00}{12,0^3} \Leftrightarrow [\text{CO}] = 4,22 \text{ mol dm}^{-3}$$

13.2. De acordo com o princípio de Le Châtelier, a diminuição da pressão favorece a reação que conduz a um aumento da pressão, ou seja, que conduz a um aumento da quantidade de gases. Neste caso, a reação que conduz a um aumento da quantidade de gases é a reação direta. Conclui-se, assim, que a quantidade de  $\text{H}_2(\text{g})$  irá aumentar.

13.3. • Determinação da quantidade de  $\text{CH}_4(\text{g})$  que reage:

$$m_{\text{CH}_4} = 960 \text{ kg} = 960 \times 10^3 \text{ g}$$

$$\frac{1 \text{ mol CH}_4}{16,04 \text{ g}} = \frac{n_{\text{CH}_4}}{960 \times 10^3 \text{ g}} \Leftrightarrow n_{\text{CH}_4} = 5,985 \times 10^4 \text{ mol}$$

- Determinação da quantidade de  $\text{H}_2(\text{g})$  formada nessa reação:

Estequiometria da reação: 1 mol  $\text{CH}_4(\text{g})$  : 3 mol  $\text{H}_2(\text{g})$

$$\frac{1 \text{ mol CH}_4}{3 \text{ mol H}_2} = \frac{5,985 \times 10^4 \text{ mol CH}_4}{n_{\text{H}_2}} \Leftrightarrow n_{\text{H}_2} = 1,796 \times 10^5 \text{ mol}$$

- Determinação do volume de  $\text{H}_2(\text{g})$ , medido em condições PTN, correspondente a essa quantidade:

Sendo o volume molar de um gás, em condições PTN,  $22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ , tem-se

$$\frac{1 \text{ mol H}_2(\text{g})}{22,4 \text{ dm}^3} = \frac{1,796 \times 10^5 \text{ mol}}{V_{\text{H}_2}} \Leftrightarrow V_{\text{H}_2} = 4,02 \times 10^6 \text{ dm}^3$$

14.1.  $T = 2000 \text{ K} \rightarrow K_c = 1,98 \times 10^{-2}$

$$K_c = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]}$$

$$1,98 \times 10^{-2} = \frac{[\text{NO}]^2}{0,040 \times 0,010} \Leftrightarrow [\text{NO}]^2 = 1,98 \times 10^{-2} \times 0,040 \times 0,010 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow [\text{NO}]^2 = 7,92 \times 10^{-6} \Rightarrow [\text{NO}] = \sqrt{7,92 \times 10^{-6}} \Leftrightarrow [\text{NO}] = 2,81 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

- 14.2. (B) A partir dos valores constantes da tabela fornecida, conclui-se que à medida que a temperatura aumenta a constante de equilíbrio,  $K_c$ , da reação aumenta, o que permite concluir que a reação direta é favorecida com o aumento de temperatura. De acordo com o princípio de Le Châtelier, um aumento de temperatura favorece as reações endotérmicas, pelo que a reação de formação da espécie  $\text{NO}(\text{g})$  – a reação direta – será endotérmica.

- 15.1. ▪ Cálculo da quantidade de  $\text{Cl}_2(\text{g})$  na situação de equilíbrio considerada:

Como inicialmente havia apenas  $\text{NOCl}(\text{g})$  no recipiente,  $\text{NO}(\text{g})$  e  $\text{Cl}_2(\text{g})$  estavam presentes, no equilíbrio, nas proporções estequiométricas (2 mol de  $\text{NO}(\text{g})$ : 1 mol de  $\text{Cl}_2(\text{g})$ ). Assim, existiam  $\frac{0,70}{2} = 0,35 \text{ mol}$  de  $\text{Cl}_2(\text{g})$  no equilíbrio.

- Concentração dos componentes da mistura, no equilíbrio:

Estando a mistura contida num recipiente de 1,0 L, no equilíbrio as concentrações eram

$$[\text{Cl}_2] = 0,35 \text{ mol dm}^{-3} ; [\text{NO}] = 0,70 \text{ mol dm}^{-3} ; [\text{NOCl}] = 1,8 \text{ mol dm}^{-3}$$

- Cálculo da constante de equilíbrio:

$$K_c = \frac{[\text{NO}]^2[\text{Cl}_2]}{[\text{NOCl}]^2} \quad K_c = \frac{0,70^2 \times 0,35}{1,8^2} \Leftrightarrow K_c = 5,3 \times 10^{-2}$$

- 15.2. (A) A constante de equilíbrio,  $K_c$ , de uma qualquer reação química só depende da temperatura, pelo que só alterando a temperatura se obterá um valor diferente da constante.

- 15.3. De acordo com o princípio de Le Châtelier, o aumento da pressão favorece a reação que conduz a uma diminuição da pressão, ou seja, que conduz a uma diminuição da quantidade de gases.

Neste caso, a reação que conduz a uma diminuição da quantidade de gases é a reação inversa.

Consequentemente, a quantidade dos produtos diminui, o que permite concluir que o rendimento da reação deverá diminuir.

16.1. • Cálculo da quantidade de  $\text{SO}_3$  no equilíbrio:

Quantidade de  $\text{SO}_3$  que reagiu =  $4,0 \text{ mol} \times 40\% = 1,6 \text{ mol}$

Quantidade de  $\text{SO}_3$  no equilíbrio,  $n_{\text{SO}_3} = 4,0 \text{ mol} - 1,6 \text{ mol} = 2,4 \text{ mol}$

• Cálculo das quantidades de  $\text{SO}_2$  e de  $\text{O}_2$  no equilíbrio:

De acordo com a estequiometria da reação, por reação de 2 mol de  $\text{SO}_3$  formam-se 2 mol de  $\text{SO}_2$ . Como reagiram 1,6 mol de  $\text{SO}_3$ , formaram-se 1,6 mol de  $\text{SO}_2 \Rightarrow n_{\text{SO}_2} = 1,6 \text{ mol}$

De acordo com a estequiometria da reação, por reação de 2 mol de  $\text{SO}_3$  forma-se 1 mol de  $\text{O}_2$ . Como reagiram 1,6 mol de  $\text{SO}_3$ , formaram-se

$$\frac{1,6 \text{ mol}}{2} = 0,80 \text{ mol de } \text{O}_2 \Rightarrow n_{\text{O}_2} = 0,80 \text{ mol}$$

• Cálculo das concentrações de  $\text{SO}_3$ , de  $\text{SO}_2$  e de  $\text{O}_2$  no equilíbrio:

$$c_{\text{SO}_3} = \frac{n_{\text{SO}_3}}{V} \quad c_{\text{SO}_3} = \frac{2,4}{2,0} = 1,20 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$c_{\text{SO}_2} = \frac{n_{\text{SO}_2}}{V} \quad c_{\text{SO}_2} = \frac{1,6}{2,0} = 0,800 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$c_{\text{O}_2} = \frac{n_{\text{O}_2}}{V} \quad c_{\text{O}_2} = \frac{0,80}{2,0} = 0,400 \text{ mol dm}^{-3}$$

• Cálculo da constante de equilíbrio da reação considerada, à temperatura  $T$ :

$$K_c = \frac{[\text{SO}_2]^2 \times [\text{O}_2]}{[\text{SO}_3]^2} \quad K_c = \frac{0,800^2 \times 0,400}{1,20^2} = 1,8 \times 10^{-1}$$

16.2. (C) O sistema químico absorve (+)  $9,82 \times 10^4 \text{ J}$  por cada mole de  $\text{SO}_3$  (g) que se decompõe, o que permite concluir que a variação de energia, em joule, associada à decomposição de duas moles de  $\text{SO}_3$  (g) será o dobro daquele valor.

17.1. (C) O instante que corresponde ao estabelecimento do equilíbrio inicial é  $t_3$ , instante a partir do qual as concentrações dos reagentes e do produto se mantêm, pela primeira vez, constantes ao longo do tempo. O instante que corresponde à igualdade das concentrações de reagentes e do produto é  $t_1$ , conforme se pode concluir a partir do gráfico apresentado. O instante que corresponde à adição de HI (g) é  $t_5$ , instante em que a concentração de HI (g) aumenta significativamente, conforme se pode observar no gráfico apresentado.

17.2. • Expressão que traduz a constante de equilíbrio:  $K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]}$

## • Concentrações de reagentes e de produtos no equilíbrio:

A análise do gráfico mostra que ocorreram duas situações de equilíbrio – uma entre os instantes  $t_3$  e  $t_5$  e outra para  $t > t_6$ . Não tendo havido variação de temperatura, o valor da constante de equilíbrio pode ser determinado a partir das concentrações de reagentes e produtos em qualquer um desses equilíbrios.

Na 1.ª situação de equilíbrio  $[\text{HI}] = 0,786 \text{ mol dm}^{-3}$  e  $[\text{H}_2] = [\text{I}_2] = 0,107 \text{ mol dm}^{-3}$

Na 2.ª situação de equilíbrio  $[\text{HI}] = 1,404 \text{ mol dm}^{-3}$  e  $[\text{H}_2] = [\text{I}_2] = 0,191 \text{ mol dm}^{-3}$

- Determinação da constante de equilíbrio, à temperatura de 430 °C:

$$\text{A partir da 1.ª situação de equilíbrio: } K_c = \frac{0,786^2}{0,107 \times 0,107} \Leftrightarrow K_c = 54,0$$

$$\text{A partir da 2.ª situação de equilíbrio: } K_c = \frac{1,404^2}{0,191 \times 0,191} \Leftrightarrow K_c = 54,0$$

### 17.3. (C)

**18.1. (B)** Atendendo à estequiometria da reação de síntese do amoníaco apresentada, (3 mol H<sub>2</sub> (g) : 1 mol N<sub>2</sub> (g)), 6 moles de H<sub>2</sub> (g) reagem com 2 moles de N<sub>2</sub> (g). Existindo 3 moles de N<sub>2</sub> (g), este será o reagente em excesso e H<sub>2</sub> (g) será o reagente limitante. Também de acordo com a estequiometria da reação, por cada 3 moles de H<sub>2</sub> (g) que reagem formam-se 2 moles de NH<sub>3</sub> (g). Assim, a partir das 6 moles de H<sub>2</sub> (g) que reagem será possível obter 4 moles de NH<sub>3</sub> (g).

**18.2. (A)** Dizer que a variação de energia associada à formação de 2 moles de amoníaco, a partir da reação indicada, é -92 kJ, significa que a reação envolve a libertação de 92 kJ. A formação de 12 moles de amoníaco, a partir da mesma reação, envolverá assim a libertação de uma energia 6 vezes superior.

**18.3.** A análise do gráfico mostra que a constante de equilíbrio da reação de síntese do amoníaco diminui com o aumento da temperatura, o que permite concluir que o aumento de temperatura favorece a reação no sentido inverso. De acordo com o princípio de Le Châtelier, o aumento de temperatura favorece a reação endotérmica, pelo que a reação em causa é exotérmica no sentido direto.

Considerando a energia de reação como o balanço entre a energia absorvida na rutura das ligações químicas nos reagentes e a energia libertada na formação das ligações químicas nos produtos, conclui-se que, para a reação em causa, a energia libertada na formação das ligações químicas nos produtos será maior.

**18.4.1.**  $Q_c = 0$

**18.4.2.** ▪ Identificação do reagente limitante:

Estequiometria da reação: 3 mol H<sub>2</sub> : 1 mol N<sub>2</sub>

Quantidades iniciais de reagentes →  $n_{\text{H}_2} = 0,200 \text{ mol}$  ;  $n_{\text{N}_2} = 0,200 \text{ mol}$

De acordo com a estequiometria da reação, para consumir 0,200 mol de N<sub>2</sub>, seriam necessárias 0,600 mol de H<sub>2</sub>. Como a quantidade inicial de H<sub>2</sub> é inferior a 0,600 mol, conclui-se que o H<sub>2</sub> é o reagente limitante.

- Determinação da quantidade de NH<sub>3</sub> (g) que se deveria formar:

$$\frac{3 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol NH}_3} = \frac{0,200 \text{ mol H}_2}{n_{\text{NH}_3 \text{ prevista}}} \Leftrightarrow n_{\text{NH}_3 \text{ prevista}} = 0,1333 \text{ mol}$$

- Determinação do rendimento da reação de síntese:

$$\eta(\%) = \frac{\text{quantidade de NH}_3 \text{ real}}{\text{quantidade de NH}_3 \text{ prevista}} \times 100\%$$

Concentração de NH<sub>3</sub> (g) no equilíbrio = 0,090 mol dm<sup>-3</sup>.

Quantidade de NH<sub>3</sub> (g) no equilíbrio (= quantidade real) = 0,090 mol.

$$\eta(\%) = \frac{0,090 \text{ mol}}{0,1333 \text{ mol}} \times 100\% = 68\%$$

18.5. • Determinação das concentrações de cada uma das substâncias presentes:

$$c_{\text{H}_2} = \frac{n_{\text{H}_2}}{V} \quad c_{\text{H}_2} = \frac{1,0 \text{ mol}}{5,0 \text{ dm}^3} = 0,200 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$c_{\text{N}_2} = \frac{n_{\text{N}_2}}{V} \quad c_{\text{N}_2} = \frac{2,5 \text{ mol}}{5,0 \text{ dm}^3} = 0,500 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$c_{\text{NH}_3} = \frac{n_{\text{NH}_3}}{V} \quad c_{\text{NH}_3} = \frac{2,0 \text{ mol}}{5,0 \text{ dm}^3} = 0,400 \text{ mol dm}^{-3}$$

• Determinação do quociente de reação:

$$Q_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3} \quad Q_c = \frac{0,400^2}{0,500 \times 0,200^3} \Leftrightarrow Q_c = 40$$

• Conclusão: como  $Q_c > K_c$ , a reação evolui no sentido inverso, com a consequente diminuição da concentração de amoníaco.

19.1. (D) A partir do gráfico apresentado conclui-se que o sistema químico se encontrava inicialmente em equilíbrio, uma vez que as concentrações dos reagentes e do produto se mantêm constantes desde o instante inicial até ao instante  $t_1$ . No instante  $t_1$  é aplicada ao sistema químico uma perturbação que corresponde ao aumento da concentração do produto da reação,  $\text{NH}_3$  (g). De acordo com o princípio de Le Châtelier, o sistema reage no sentido de contrariar a perturbação aplicada, evoluindo no sentido da reação inversa.

19.2. (B) A expressão numérica que traduzirá o valor aproximado do quociente da reação, no instante imediatamente após ter sido aplicada a perturbação, é uma expressão idêntica à da constante de equilíbrio da reação considerada, mas na qual as concentrações dos reagentes e do produto assumem os valores indicados no gráfico no instante  $t_1$ .

20.1.  $-0,100 \text{ mol dm}^{-3}$

$$20.2. \text{ (B)} \quad x_{\text{NH}_3} = \frac{n_{\text{NH}_3}}{n_{\text{total}}} \quad x_{\text{NH}_3} = \frac{0,050 \text{ mol}}{(0,050 + 0,200 + 0,500) \text{ mol}}$$

20.3. • Identificação do reagente limitante:

$$\frac{1 \text{ mol N}_2}{3 \text{ mol H}_2} = \frac{0,200 \text{ mol N}_2}{n_{\text{H}_2}} \Leftrightarrow n_{\text{H}_2} = 0,600 \text{ mol}$$

Como a quantidade inicial de  $\text{H}_2$  era inferior a  $0,600 \text{ mol}$ , conclui-se que o  $\text{H}_2$  foi o reagente limitante.

• Determinação da quantidade de  $\text{NH}_3$  (g) que se formaria, de acordo com a estequiometria da reação, a partir da quantidade inicial do reagente limitante:

$$\frac{3 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol NH}_3} = \frac{0,500 \text{ mol H}_2}{n_{\text{NH}_3}} \Leftrightarrow n_{\text{NH}_3} = 0,333 \text{ mol}$$

• Determinação da quantidade real de  $\text{NH}_3$  (g) que se forma, nas condições consideradas:

$$n_{\text{NH}_3} = 0,139 - 0,050 = 0,089 \text{ mol}$$

• Determinação do rendimento da reação de síntese, nas condições consideradas:

$$\eta(\%) = \frac{\text{quantidade de NH}_3 \text{ real}}{\text{quantidade de NH}_3 \text{ prevista}} \times 100 \quad \eta(\%) = \frac{0,089}{0,333} \times 100 = 26,7\%$$

20.4. De acordo com o princípio de Le Châtelier, um aumento de temperatura favorece a reação endotérmica, que, neste caso, é a reação inversa.

É, assim, de prever uma diminuição da concentração de  $\text{NH}_3$  (g) e um aumento das concentrações de  $\text{H}_2$  (g) e de  $\text{N}_2$  (g).

21.1. • Determinação da quantidade de  $\text{I}_2$  que reagiu:

Como, no reator, foram inicialmente introduzidas  $2,56 \times 10^{-3}$  mol de  $\text{I}_2$  (g) e, no equilíbrio, só existiam  $1,46 \times 10^{-3}$  mol desse gás, reagiram

$$2,56 \times 10^{-3} \text{ mol} - 1,46 \times 10^{-3} \text{ mol} = 1,10 \times 10^{-3} \text{ mol de } \text{I}_2 \text{ (g)}$$

• Determinação da quantidade de HI que se terá formado:

De acordo com a estequiometria da reação, por reação de 1 mol de  $\text{I}_2$  formam-se 2 mol de HI.

$$\frac{1 \text{ mol } \text{I}_2}{2 \text{ mol HI}} = \frac{1,10 \times 10^{-3} \text{ mol } \text{I}_2}{n_{\text{HI}}} \Leftrightarrow n_{\text{HI}} = 2,20 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

• Determinação da concentração de HI (g) e de  $\text{I}_2$  (g), no equilíbrio, a 763 K:

$$c_{\text{HI}} = \frac{n_{\text{HI}}}{V} \quad c_{\text{HI}} = \frac{2,20 \times 10^{-3} \text{ mol}}{1,00 \text{ dm}^3} = 2,20 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$c_{\text{I}_2} = \frac{n_{\text{I}_2}}{V} \quad c_{\text{I}_2} = \frac{1,46 \times 10^{-3} \text{ mol}}{1,00 \text{ dm}^3} = 1,46 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

• Determinação da concentração de equilíbrio de  $\text{H}_2$  (g), a 763 K:

$$K_c = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{I}_2][\text{H}_2]}$$

$$46 = \frac{(2,20 \times 10^{-3})^2}{1,46 \times 10^{-3} \times [\text{H}_2]} \Leftrightarrow [\text{H}_2] = \frac{(2,20 \times 10^{-3})^2}{46 \times 1,46 \times 10^{-3}} \Rightarrow [\text{H}_2] = 7,21 \times 10^{-5} \text{ mol dm}^{-3}$$

• Determinação da quantidade de  $\text{H}_2$  (g) que deverá existir no reator:

Como a reação ocorre num reator com a capacidade de 1,00 L, deverão existir no reator, no estado de equilíbrio considerado,  $7,21 \times 10^{-5}$  mol de  $\text{H}_2$  (g).

21.2. A constante de equilíbrio da reação considerada diminui à medida que a temperatura aumenta, o que significa que o aumento de temperatura favorece a reação inversa.

De acordo com o princípio de Le Châtelier, um aumento de temperatura favorece sempre a reação endotérmica. Pode, assim, concluir-se que a reação inversa é endotérmica, ou seja, que a reação direta é exotérmica.

A reação direta envolve, então, libertação de energia, pelo que a energia absorvida na quebra das ligações nos reagentes será menor do que a energia libertada no estabelecimento das ligações nos produtos de reação.



**22.1.1. • Determinação da quantidade de N<sub>2</sub> que reagiu:**

Tendo em conta a capacidade do reator (1,00 L), podemos afirmar que inicialmente existia no reator 0,200 mol de N<sub>2</sub> (g) e que, no equilíbrio, existia 0,144 mol desse gás. Assim, a quantidade de N<sub>2</sub> (g) que reagiu foi

$$0,200 \text{ mol} - 0,144 \text{ mol} = 0,056 \text{ mol de N}_2 \text{ (g)}$$

**• Determinação da quantidade de NH<sub>3</sub> que se formou:**

De acordo com a estequiometria da reação, por reação de 1 mol de N<sub>2</sub> formam-se 2 mol de NH<sub>3</sub>.

$$\frac{1 \text{ mol N}_2}{2 \text{ mol NH}_3} = \frac{0,056 \text{ mol N}_2}{n_{\text{NH}_3}} \Leftrightarrow n_{\text{NH}_3} = 0,112 \text{ mol}$$

**• Conclusão quanto à quantidade inicial de NH<sub>3</sub> no reator:**

De acordo com a tabela, a mistura em equilíbrio continha 0,112 mol de NH<sub>3</sub>. Como a reação originou precisamente a formação de 0,112 mol desse gás, conclui-se que inicialmente não existia NH<sub>3</sub> no reator.

**22.1.2. (D)** A expressão numérica que traduzirá o valor aproximado do quociente da reação, no instante imediatamente após ter sido aplicada a perturbação, é uma expressão idêntica à da constante de equilíbrio da reação considerada, mas na qual as concentrações de N<sub>2</sub> (g) e de NH<sub>3</sub> (g) são, respetivamente, 0,144 mol dm<sup>-3</sup> e 0,112 mol dm<sup>-3</sup>. A concentração de H<sub>2</sub> (g) será 2 × 0,332 mol dm<sup>-3</sup>, ou seja, 0,664 mol dm<sup>-3</sup>.

**22.2. • Determinação da energia libertada na formação de 6 mol de ligações N – H:**

Quando se formam 2 mol de amoníaco, formam-se 2 × 3 = 6 mol de ligações N – H.

Na formação de 1 mol de ligações N – H liberta-se uma energia de 393 kJ. Então, na formação de 6 mol de ligações N – H liberta-se uma energia de 6 × 393 kJ = 2358 kJ.

**• Determinação da energia total que é absorvida na rutura de 1 mol de ligações N ≡ N e de 3 mol de ligações N – H:**

Quando se formam 2 mol de amoníaco, a partir da reação considerada, quebram-se 1 mol de ligações N ≡ N e 3 mol de ligações N – H.

A variação de energia associada à formação de 2 mol de amoníaco (-92 kJ), a partir da reação considerada, resulta do balanço da energia libertada no estabelecimento de 6 mol de ligações N – H (2358 kJ) e da energia absorvida na rutura de 1 mol de ligações N ≡ N e de 3 mol de ligações N – H:

$$\begin{aligned} -92 &= E_{\text{rutura}} + E_{\text{formação}} \\ -92 &= E_{\text{rutura}} + (-2358) \Leftrightarrow E_{\text{rutura}} = -92 + 2358 = 2266 \text{ kJ} \end{aligned}$$

**23. • Determinação da quantidade de CO (g) que existia no reator no estado de equilíbrio:**

A quantidade de CO (g) que existia no reator no estado de equilíbrio era 42,3% de 0,300 mol, ou seja, 0,423 × 0,300 = 0,1269 mol.

- Determinação da quantidade de CO (g) e da quantidade de H<sub>2</sub>O (g) que reagiram:

De acordo com a estequiometria da reação, terão reagido quantidades iguais de CO (g) e de H<sub>2</sub>O (g). Como as quantidades iniciais de CO (g) e de H<sub>2</sub>O (g) eram ambas 0,300 mol, reagiram (0,300 mol – 0,1269 mol) = 0,1731 mol de cada um destes gases.

- Determinação da quantidade de CO<sub>2</sub> (g) e da quantidade de H<sub>2</sub> (g) que se formaram:

De acordo com a estequiometria da reação, ter-se-ão formado quantidades iguais de CO<sub>2</sub> (g) e de H<sub>2</sub> (g), sendo estas quantidades iguais à quantidade de CO (g) (ou à quantidade de H<sub>2</sub>O (g)) que reagiu. Assim, formaram-se 0,1731 mol de CO<sub>2</sub> (g) e 0,1731 mol de H<sub>2</sub> (g).

- Determinação da constante de equilíbrio da reação considerada, à temperatura de 700 °C:

$$K_c = \frac{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}_2][\text{H}_2]}$$

$$[\text{CO}] = [\text{H}_2\text{O}] = \frac{n}{V} \quad [\text{CO}] = [\text{H}_2\text{O}] = \frac{0,1269}{10,00} = 0,01269 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$[\text{CO}_2] = [\text{H}_2] = \frac{n}{V} \quad [\text{CO}_2] = [\text{H}_2] = \frac{0,1731}{10,00} = 0,01731 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$K_c = \frac{0,01269^2}{0,01731^2} = 0,537$$

24.1. (D) A variação das concentrações das espécies A e B, obtidas a partir do gráfico, correspondem a 0,51 mol dm<sup>-3</sup> e a 0,77 mol dm<sup>-3</sup>, respetivamente, o que permite concluir que a proporção em que as espécies A e B reagem entre si é 2 mol A : 3 mol B.

24.2. (C) O instante a partir do qual se pode considerar que o sistema químico atinge um estado de equilíbrio é o instante t<sub>3</sub>, a partir do qual as concentrações de todas as espécies envolvidas na reação se mantêm constantes.

24.3. De acordo com o princípio de Le Châtelier, o aumento da concentração da espécie A (um dos reagentes) favorece a reação direta. Assim, o quociente da reação irá aumentar até igualar o valor da constante de equilíbrio à temperatura T.

- 25.1. ▪ Determinação da estequiometria da reação considerada:

O gráfico mostra que as concentrações das espécies A e B diminuem, desde o instante inicial até ao instante em que se atinge o equilíbrio químico. Pelo contrário, a concentração da espécie C aumenta, nesse intervalo de tempo. Conclui-se, assim, que A e B são reagentes e C é o produto da reação.

Analisando quantitativamente o gráfico, verifica-se que as concentrações de A e de B diminuem 36 unidades arbitrárias (1 unidade arbitrária = 1 quadrícula) e a concentração de C aumenta 72 unidades arbitrárias.

Estequiometria da reação: 1 mol de A : 1 mol de B : 2 mol de C

- Cálculo da constante de equilíbrio da reação considerada, à temperatura T :

$$K_c = \frac{[\text{C}]^2}{[\text{A}] \times [\text{B}]} \quad K_c = \frac{0,432^2}{0,144 \times 0,0238} = 54,5$$

- 25.2. De acordo com o princípio de Le Châtelier, o aumento da temperatura favorece a reação endotérmica. Como a reação direta (reação de formação da espécie C) é exotérmica, a reação inversa (reação de formação das espécies A e B) é endotérmica, sendo favorecida por um aumento da temperatura. Assim, um aumento da temperatura conduz a um aumento das concentrações das espécies A e B e a uma diminuição da concentração da espécie C.

Sendo  $K_c = \frac{[C]^2}{[A] \times [B]}$ , conclui-se que a constante de equilíbrio da reação considerada diminuirá se a temperatura aumentar.

- 26.1. (D) A expressão numérica que traduz o valor do quociente da reação nas condições referidas é uma expressão idêntica à da constante de equilíbrio da reação considerada, mas na qual as concentrações dos reagentes e do produto assumem os valores indicados. Obtém-se assim o valor de 13,2 para o quociente da reação. Como o valor da constante de equilíbrio para a reação considerada, à mesma temperatura  $T$ , é 208,3, o quociente da reação aumentará até se atingir um estado de equilíbrio, pelo que o sistema se irá deslocar no sentido direto até que esse estado de equilíbrio seja atingido.

- 26.2. O gráfico mostra que a percentagem de  $SO_3$  (g) formado diminui à medida que a temperatura aumenta, o que significa que um aumento de temperatura favorece a reação inversa. De acordo com o princípio de Le Châtelier, o aumento de temperatura favorece a reação endotérmica concluindo-se, assim, que a reação é exotérmica no sentido direto.

27. De acordo com o princípio de Le Châtelier, um aumento de temperatura favorece os processos que ocorrem com absorção de energia, isto é, os processos endotérmicos.

O processo de dissolução do KCl em água é um processo endotérmico, uma vez que a variação de entalpia a ele associada é positiva. Assim, este processo de dissolução será favorecido por um aumento de temperatura, pelo que será de prever que a solubilidade do KCl em água aumente à medida que a temperatura aumenta.

- 28.1. • Determinação das concentrações de equilíbrio de  $H_2$  (g) e de  $I_2$  (g)

Por leitura do gráfico, obtém-se  $[H_2] = 0,144 \text{ mol dm}^{-3}$  e  $[I_2] = 0,024 \text{ mol dm}^{-3}$

- Cálculo das quantidades de  $I_2$  (g) e de  $H_2$  (g) que reagiram:

Como o reator tem a capacidade de 1,0 L, foram introduzidas inicialmente no reator 0,240 mol de  $I_2$  e 0,360 mol de  $H_2$ . No equilíbrio, existem no reator 0,024 mol de  $I_2$  e 0,144 mol de  $H_2$ .

Quantidade de  $I_2$  que reagiu =  $0,240 \text{ mol} - 0,024 \text{ mol} = 0,216 \text{ mol}$

Quantidade de  $H_2$  que reagiu =  $0,360 \text{ mol} - 0,144 \text{ mol} = 0,216 \text{ mol}$

- Cálculo da quantidade de HI (g) que se terá formado

Por reação de 1 mol de  $I_2$  (ou de  $H_2$ ) formam-se 2 mol de HI. Então, por reação de 0,216 mol de  $I_2$  formaram-se  $2 \times 0,216 \text{ mol} = 0,432 \text{ mol}$  de HI.

- Cálculo da constante de equilíbrio da reação:

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[I_2][H_2]} \quad K_c = \frac{0,432^2}{0,024 \times 0,144} = 54$$

**28.2.** De acordo com o princípio de Le Châtelier, uma diminuição da temperatura favorece a reação exotérmica, que, neste caso, é a reação direta (uma vez que a variação de entalpia associada é negativa).

Deste modo, se a temperatura diminuir, as concentrações de  $\text{H}_2(\text{g})$  e de  $\text{I}_2(\text{g})$  irão diminuir e a concentração de  $\text{HI}(\text{g})$  irá aumentar.

**28.3. (B)**  $E_{\text{I-I}} + E_{\text{H-H}} - 2 \times E_{\text{H-I}} = -9,2 \text{ kJ}$        $E_{\text{I-I}} + 436,4 - 2 \times 298,3 = -9,2 \Leftrightarrow E_{\text{I-I}} = 151,0 \text{ kJ}$

**29.1.** • Cálculo das quantidades de equilíbrio das espécies A, B e D:

Na reação, formaram-se 0,45 mol de C. Tendo em conta a estequiometria da reação (1 mol A : 2 mol B : 1 mol C : 1 mol D), ter-se-ão consumido 0,45 mol de A e  $2 \times 0,45$  mol de B e ter-se-á formado 0,45 mol de D. Assim, as quantidades destas espécies no equilíbrio serão:

$$\begin{aligned} \text{A} - n_{\text{A,eq}} &= n_{\text{A,inicial}} - n_{\text{A,reatiu}} & n_{\text{A,eq}} &= 0,80 \text{ mol} - 0,45 \text{ mol} = 0,35 \text{ mol} \\ \text{B} - n_{\text{B,eq}} &= n_{\text{B,inicial}} - n_{\text{B,reatiu}} & n_{\text{B,eq}} &= 1,30 \text{ mol} - 2 \times 0,45 \text{ mol} = 0,40 \text{ mol} \\ \text{D} - n_{\text{D,eq}} &= n_{\text{D,inicial}} + n_{\text{D,formou}} & n_{\text{D,eq}} &= 0,45 \text{ mol} \end{aligned}$$

• Cálculo da constante de equilíbrio da reação, à temperatura  $T$ :

$c = \frac{n}{V}$  e  $V = 1,00 \text{ dm}^3$ , pelo que as concentrações das espécies A, B, C e D, no equilíbrio, são  $[\text{A}] = 0,35 \text{ mol dm}^{-3}$ ;  $[\text{B}] = 0,40 \text{ mol dm}^{-3}$ ;  $[\text{C}] = 0,45 \text{ mol dm}^{-3}$ ;  $[\text{D}] = 0,45 \text{ mol dm}^{-3}$

$$K_c = \frac{[\text{C}][\text{D}]}{[\text{A}][\text{B}]^2} \quad K_c = \frac{0,45 \times 0,45}{0,35 \times 0,40^2} = 3,6$$

**29.2.** • Identificação do reagente limitante:

De acordo com a estequiometria da reação, 1 mol de A reage com 2 mol de B. Então, para reagir com 0,80 mol de A (quantidade de A inicialmente introduzida no reator) seriam necessárias  $(2 \times 0,80) = 1,60$  mol de B. Mas só foram introduzidas no reator 1,30 mol de B, quantidade insuficiente para reagir com 0,80 mol de A. Conclui-se, assim, que B é o reagente limitante.

• Cálculo da quantidade de C que se formaria se a reação fosse completa:

$$\frac{2 \text{ mol B}}{1 \text{ mol C}} = \frac{1,30 \text{ mol B}}{n_{\text{previsto}}} \Leftrightarrow n_{\text{previsto}} = 0,650 \text{ mol}$$

• Cálculo do rendimento da reação:

$$\eta = \frac{n_{\text{real}}}{n_{\text{previsto}}} \quad \eta = \frac{0,45}{0,650} = 0,69 \quad \text{ou} \quad \eta = 69\%$$

**30.1.1. (B)** No reator foram introduzidas 0,800 mol de moléculas (0,400 mol de A e 0,400 mol de B). Assim, foram introduzidas no reator  $0,800 \times 6,02 \times 10^{23} = 4,82 \times 10^{23}$  moléculas.

30.1.2. • Cálculo das quantidades de A e de B que reagiram:

$$n_{A,\text{reagiu}} = n_{A,\text{inicial}} - n_{A,\text{equilíbrio}} \quad n_{A,\text{reagiu}} = 0,400 \text{ mol} - 0,344 \text{ mol} = 0,056 \text{ mol}$$

$$n_{B,\text{reagiu}} = n_{B,\text{inicial}} - n_{B,\text{equilíbrio}} \quad n_{B,\text{reagiu}} = 0,400 \text{ mol} - 0,232 \text{ mol} = 0,168 \text{ mol}$$

• Determinação dos coeficientes estequiométricos:

Tomando a quantidade de A que reagiu como referência ( $a = 1$ ), tem-se  $b = \frac{0,168}{0,056} = 3$  e  $c = \frac{0,112}{0,056} = 2$ .

• Cálculo da constante de equilíbrio da reação, à temperatura  $T$ :

$c = \frac{n}{V}$  e  $V = 1,00 \text{ dm}^3$ , pelo que as concentrações das espécies A, B e C, no equilíbrio, são

$$[A] = 0,344 \text{ mol dm}^{-3} ; [B] = 0,232 \text{ mol dm}^{-3} ; [C] = 0,112 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$K_c = \frac{[C]^2}{[A][B]^3} \quad K_c = \frac{0,112^2}{0,344 \times 0,232^3} = 2,92$$

30.2. Uma vez que a variação de entalpia do sistema é negativa, a reação direta é uma reação exotérmica, pelo que a reação inversa é uma reação endotérmica.

De acordo com o princípio de Le Châtelier, um aumento da temperatura favorece a reação endotérmica, que, neste caso, é a reação inversa.

Deste modo, se a temperatura aumentar, as concentrações de A e de B irão aumentar e a concentração de C irá diminuir, pelo que a constante de equilíbrio,  $K_c$ , da reação considerada diminuirá.

---

# **RESOLUÇÕES**

## **QUÍMICA 11.º ANO**

**DOMÍNIO:**  
**Reações em sistemas aquosos**

---

1.1. • Valor de  $K_w$  à temperatura de 40 °C:

$$K_w = 3,0 \times 10^{-14} \quad (\text{por leitura do gráfico})$$

• Cálculo da concentração hidrogeniônica na água, a essa temperatura:

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-]$$

Como, em água pura,  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$ , tem-se

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+]^2 \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{K_w}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{3,0 \times 10^{-14}} \Leftrightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 1,73 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$$

• Cálculo do pH da amostra pura de água a essa temperatura:

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] \quad \text{pH} = -\log(1,73 \times 10^{-7}) \Leftrightarrow \text{pH} = 6,8$$

1.2. (B) Numa amostra pura de água, as concentrações dos iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  e  $\text{OH}^-$  são sempre iguais entre si. A partir do gráfico que representa o produto iônico da água em função da temperatura, conclui-se que à medida que a temperatura aumenta o valor de  $K_w$  aumenta, pelo que as concentrações dos iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  e  $\text{OH}^-$  aumentarão. Assim, o pH de uma amostra pura de água diminuirá (devido ao aumento da concentração de iões  $\text{H}_3\text{O}^+$ ) à medida que a temperatura aumenta, não havendo contudo alteração do caráter neutro da água uma vez que as concentrações dos iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  e  $\text{OH}^-$  se mantêm iguais entre si.

1.3. Verifica-se, a partir do gráfico, que  $K_w$  aumenta à medida que a temperatura aumenta, o que significa que a reação de autoionização da água é favorecida pelo aumento da temperatura.

De acordo com o princípio de Le Châtelier, um aumento de temperatura favorece a reação endotérmica. Conclui-se, assim, que a reação de autoionização da água é endotérmica.

1.4. (C)

2.1. • Determinação do valor mais provável de pH:

$$\overline{\text{pH}} = \frac{6,47 + 6,43 + 6,48}{3} = 6,46$$

• Determinação do módulo do desvio de cada valor medido (em relação ao valor mais provável):

pH	Módulo do desvio em relação ao valor mais provável = =  pH - $\overline{\text{pH}}$
6,47	0,01
6,43	0,03
6,48	0,02

• Resultado da medição de pH:

Maior desvio em relação à média = 0,03

$$\text{pH} = 6,46 \pm 0,03$$

2.2.1. (B) Entre os instantes  $t = 1800 \text{ s}$  e  $t = 6000 \text{ s}$ , verifica-se que o pH da amostra de água diminui de 7,5 para 5,5. Esta diminuição de duas unidades de pH corresponde a um aumento de cem vezes da concentração hidrogeniônica, pela definição de pH.

2.2.2. De acordo com o princípio de Le Châtelier, o aumento do teor de  $\text{CO}_2$  dissolvido favorece a reação de formação do ácido carbónico no sentido direto, pelo que a concentração de  $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$  aumenta.

O aumento da concentração de  $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$  conduz a um aumento da concentração de  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  durante o intervalo de tempo em que decorreu a experiência.

O aumento da concentração de  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  implica uma diminuição do pH da amostra de água mineral.

3.1. (B) Como  $c_{\text{solução}} = \frac{n_{\text{HCl}}}{V_{\text{solução}}} \Rightarrow n_{\text{HCl}} = 0,100 \times 0,050 = 0,0050 \text{ mol}$  e o HCl é um ácido forte, 50 mL da solução de HCl contém 0,0050 mol de  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Assim, para que a solução resultante seja neutra, teve que ser adicionada a mesma quantidade de ião  $\text{OH}^-$ , pelo que o volume da solução de NaOH (uma base forte) que teve de ser utilizado foi

$$10 \text{ mL} \left( c_{\text{solução}} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{V_{\text{solução}}} \Rightarrow V_{\text{solução}} = \frac{0,0050 \text{ mol}}{0,500 \text{ mol dm}^{-3}} = 0,010 \text{ dm}^3 \right).$$

3.2. (A)

3.3. De acordo com a tabela, o pH da solução preparada diminui com o aumento da temperatura, o que permite concluir que, nessa solução, a concentração hidrogeniônica aumenta com o aumento da temperatura.

Sendo a solução neutra, as concentrações dos iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  e  $\text{OH}^-$  são iguais:  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-]$ . Consequentemente,  $K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]^2$ .

Assim, um aumento da concentração hidrogeniônica,  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ , implica um aumento de  $K_w$ .

Conclui-se que  $K_w$  aumenta com o aumento da temperatura.

4.1. (B)

4.2.1. • Determinação da concentração de  $\text{OH}^-(\text{aq})$ :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-10,97} = 1,072 \times 10^{-11} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$K_w = [\text{OH}^-] \times [\text{H}_3\text{O}^+] \Leftrightarrow [\text{OH}^-] = \frac{K_w}{[\text{H}_3\text{O}^+]}$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{1,00 \times 10^{-14}}{1,072 \times 10^{-11}} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 9,328 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$$

• Determinação da quantidade de amoníaco ionizado ( $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ ) presente em  $250 \text{ cm}^3$  de solução:

$$[\text{NH}_4^+] = [\text{OH}^-] = 9,328 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$[\text{NH}_4^+] = \frac{n_{\text{NH}_4^+}}{V} \Leftrightarrow n_{\text{NH}_4^+} = [\text{NH}_4^+]V$$

$$V = 250 \text{ cm}^3 = 0,250 \text{ dm}^3$$

$$n_{\text{NH}_4^+} = 9,328 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3} \times 0,250 \text{ dm}^3 \Leftrightarrow n_{\text{NH}_4^+} = 2,332 \times 10^{-4} \text{ mol}$$



- Determinação da quantidade total de amoníaco (ionizado e não ionizado) presente em 250 cm<sup>3</sup> de solução:

$$c_{\text{NH}_3} = \frac{n_{\text{total NH}_3}}{V} \Leftrightarrow n_{\text{total NH}_3} = c_{\text{NH}_3} V$$

$$n_{\text{total NH}_3} = 5,00 \times 10^{-2} \times 0,250 = 1,250 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

- Determinação da quantidade de amoníaco não ionizado (NH<sub>3</sub>(aq)) presente em 250 cm<sup>3</sup> de solução:

$$n_{\text{total NH}_3} = n_{\text{NH}_3 \text{ não ionizado}} + n_{\text{NH}_4^+}$$

$$n_{\text{NH}_3 \text{ não ionizado}} = 1,250 \times 10^{-2} \text{ mol} - 2,332 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n_{\text{NH}_3 \text{ não ionizado}} = 1,23 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

4.2.2. (A) À medida que a adição da solução de ácido forte ocorre, a concentração de iões OH<sup>-</sup> (aq) diminui, o que implica uma diminuição do pH da solução resultante. De acordo com o princípio de Le Châtelier, uma diminuição da concentração de OH<sup>-</sup> (aq) implica o favorecimento da reação direta, pelo que a espécie NH<sub>3</sub> (aq) se ioniza em maior extensão.

5.1. (B) O pH inicial da amostra de água gaseificada é, a 25 °C, inferior a 7,0, pelo que essa água gaseificada é uma solução ácida. Uma solução aquosa ácida caracteriza-se por ter uma concentração de iões H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> superior à concentração de iões OH<sup>-</sup>. Numa solução ácida, a concentração de iões H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> é também superior à concentração desses iões numa solução neutra (a uma mesma temperatura). Como, numa solução neutra, a 25 °C, [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>] = [OH<sup>-</sup>] =  $\sqrt{1,00 \times 10^{-14}} = 1,00 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$ , tem-se que a concentração de iões H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> na amostra de água gaseificada é superior a  $1,00 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$ .

5.2.  $-4,0 \times 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}$

$$\Delta[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{H}_3\text{O}^+]_f - [\text{H}_3\text{O}^+]_i = (10^{-5,40} - 10^{-5,10}) \text{ mol dm}^{-3} = -4,0 \times 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}$$

5.3.1. (C) A base conjugada de um ácido de Brønsted-Lowry é a espécie química que resulta da perda de um protão (H<sup>+</sup>) pelo ácido. Assim, H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> e H<sub>2</sub>O constituem um par ácido-base conjugado. Note-se que H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> e CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> não constituem um par ácido base conjugado uma vez que diferem em 2 protões.

5.3.2. Durante o intervalo de tempo em que os dados foram registados, libertou-se CO<sub>2</sub> (g) para a atmosfera, pelo que a concentração de CO<sub>2</sub> na amostra da água gaseificada diminuiu.

De acordo com o princípio de Le Châtelier, a diminuição da concentração de CO<sub>2</sub> conduziu ao favorecimento da reação (1) no sentido inverso e, conseqüentemente, à diminuição da concentração de H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (aq).

Por sua vez, e também de acordo com o princípio de Le Châtelier, a diminuição da concentração de H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> (aq) conduziu ao favorecimento da reação (2) no sentido inverso e, conseqüentemente, à diminuição da concentração de H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> (aq) na amostra de água gaseificada e ao aumento do pH dessa amostra.

6.1. (C) Chuva ácida é água da chuva cuja acidez é superior à que resulta da dissolução do dióxido de carbono atmosférico em água, o que determina, só por si, um pH de cerca de 5,6. Assim, a chuva ácida apresenta um pH inferior a 5,6, resultante da formação de ácidos fortes, de acordo com o referido no texto.

6.2. (B) Sendo o pH 5,6, a concentração de iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  presente na amostra de água é  $10^{-5,6}$ , de acordo com a definição de pH. Multiplicando pelo volume da amostra, em  $\text{dm}^3$ , obtém-se a quantidade de iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  presente na amostra.

6.3. (D) Esta relação verifica-se sempre numa qualquer solução aquosa, a 25 °C, uma vez que o produto iónico da água é  $1,0 \times 10^{-14}$ , a 25 °C.

7.1. Aumento da acidez da água do mar. / Diminuição da concentração de iões carbonato em solução.

7.2. (D) Um aumento de acidez de cerca de 100% implica que a concentração hidrogeniónica aumente para o dobro. Assim,  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 2 \times 10^{-8,1} = 1,59 \times 10^{-8} \text{ mol dm}^{-3}$ , o que corresponde a um pH de cerca de 7,8.

7.3. (D)

8. (A) O ácido cianídrico é um ácido muito mais fraco do que o ácido nitroso, pelo que se ioniza em menor extensão. Assim, comparando uma solução de ácido cianídrico e uma solução de ácido nitroso, de igual concentração, na solução de ácido cianídrico a concentração de ião  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) será muito inferior e, conseqüentemente, o pH será maior.

9.1. • Determinação da quantidade de  $\text{NH}_3$  necessária à preparação da solução diluída:

$$V_{\text{solução}} = 500 \text{ cm}^3 = 0,500 \text{ dm}^3$$

$$c_{\text{NH}_3} = \frac{n_{\text{NH}_3}}{V_{\text{solução}}} \quad 0,400 = \frac{n_{\text{NH}_3}}{0,500} \Leftrightarrow n_{\text{NH}_3} = 0,400 \times 0,500 \Leftrightarrow n_{\text{NH}_3} = 0,2000 \text{ mol}$$

• Determinação da massa de  $\text{NH}_3$  correspondente:

$$M(\text{NH}_3) = 14,01 + 3 \times 1,01 = 17,04 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\frac{1 \text{ mol NH}_3}{17,04 \text{ g}} = \frac{0,2000 \text{ mol}}{m_{\text{NH}_3}} \Leftrightarrow m_{\text{NH}_3} = 3,408 \text{ g}$$

• Determinação do volume de solução concentrada que contém essa massa de  $\text{NH}_3$ :

$$\frac{2,50 \times 10^2 \text{ g NH}_3}{1 \text{ dm}^3 \text{ solução}} = \frac{3,408 \text{ g}}{V} \Leftrightarrow V = 1,36 \times 10^{-2} \text{ dm}^3 = 13,6 \text{ cm}^3$$

9.2. (A)  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-7,04} = 9,12 \times 10^{-8} \text{ mol dm}^{-3}$

9.3. (D) Como, numa solução aquosa, a 25 °C,  $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1,00 \times 10^{-14}$ , tem-se que a concentração de iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  na solução aquosa diluída de amoníaco é

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1,00 \times 10^{-14}}{2,7 \times 10^{-3}} = 3,7 \times 10^{-12} \text{ mol dm}^{-3}.$$

Sendo esta concentração inferior à concentração de iões  $\text{OH}^-$  (aq), a solução será básica.

10.1. (D) A reação do  $\text{NH}_3$  (aq) com a água é uma reação de ionização. A baixa constante de basicidade do  $\text{NH}_3$  (aq) permite concluir que esse processo de ionização é parcial.

10.2. (A)  $K_a = \frac{K_w}{K_b}$

11.1. (B)

11.2. (B)

11.3. (C) Sendo a espécie  $\text{NH}_3$  uma base mais forte do que a espécie  $\text{NO}_3^-$ , a espécie  $\text{NH}_3$  aceita iões  $\text{H}^+$  com mais facilidade do que a espécie  $\text{NO}_3^-$ . Por outro lado, a espécie  $\text{NH}_4^+$  (ácido conjugado da espécie  $\text{NH}_3$ ) será um ácido mais fraco do que a espécie  $\text{HNO}_3$  (ácido conjugado da espécie  $\text{NO}_3^-$ ). Assim,  $\text{HNO}_3$  cede iões  $\text{H}^+$  com mais facilidade do que a espécie  $\text{NH}_4^+$ .

12.1. (B)  $\text{F}^-$  é a base conjugada do ácido fluorídrico. A reação desta base com a água pode ser traduzida por:  $\text{F}^-(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{HF}(\text{aq}) + \text{OH}^-(\text{aq})$ . Por definição de constante de basicidade, a única opção correta é a (B).

12.2. • Cálculo da concentração de ácido ionizado na solução ( $[\text{F}^-]$ ):

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2,45} = 3,55 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$[\text{F}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 3,55 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

• Cálculo da concentração de ácido não ionizado na solução ( $[\text{HF}]$ ):

$$n_{\text{total HF}} = n_{\text{HF não ionizado}} + n_{\text{F}^-} \Leftrightarrow c_{\text{solução}} V = [\text{HF}]V + [\text{F}^-]V \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{c_{\text{solução}} V}{V} = \frac{[\text{HF}]V}{V} + \frac{[\text{F}^-]V}{V} \Leftrightarrow c_{\text{solução}} = [\text{HF}] + [\text{F}^-]$$

$$0,020 \text{ mol dm}^{-3} = [\text{HF}] + 3,55 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3} \Leftrightarrow [\text{HF}] = 1,64 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

• Cálculo da percentagem de ácido não ionizado na solução:

$$\frac{1,64 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}}{0,020 \text{ mol dm}^{-3}} \times 100 \% = 82 \%$$

13. (A)  $V_{\text{solução resultante}} = 0,150 \text{ dm}^3 + 1,00 \text{ dm}^3 = 1,15 \text{ dm}^3$ . O soluto (HCl) provém apenas dos  $150 \text{ cm}^3$  de solução adicionados à água, pelo que:

$$n_{\text{HCl}} = 0,020 \text{ mol dm}^{-3} \times 0,150 \text{ dm}^3 = 3,00 \times 10^{-3} \text{ mol. Assim, a concentração da solução resultante é } c_{\text{sol resultante}} = \frac{n_{\text{HCl}}}{V_{\text{solução resultante}}} \quad c = \frac{3,00 \times 10^{-3} \text{ mol}}{1,15 \text{ dm}^3} = 2,61 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}.$$

Como o ácido clorídrico é um ácido forte, encontra-se totalmente ionizado na solução pelo que  $[\text{H}_3\text{O}^+] = c_{\text{sol resultante}} = 2,61 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$ . O pH da solução resultante é, assim,  $\text{pH} = -\log(2,61 \times 10^{-3}) = 2,58$ .

14.1. • Cálculo da concentração da solução de amoníaco, obtida por diluição da solução comercial:

$$c_{\text{sol. diluída}} = \frac{c_{\text{sol. comercial}}}{500} \quad c_{\text{sol. diluída}} = \frac{13}{500} \Leftrightarrow c_{\text{sol. diluída}} = 2,60 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

- Cálculo da concentração de amoníaco ionizado,  $[\text{NH}_4^+]$ , na solução diluída:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-10,83} \Leftrightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 1,4791 \times 10^{-11} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] \quad 1,00 \times 10^{-14} = 1,4791 \times 10^{-11} \times [\text{OH}^-] \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow [\text{OH}^-] = \frac{1,00 \times 10^{-14}}{1,4791 \times 10^{-11}} \Leftrightarrow [\text{OH}^-] = 6,761 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$$

De acordo com a estequiometria da reação, e desprezando a contribuição da autoionização da água, a concentração de  $\text{OH}^-$  é igual à concentração de  $\text{NH}_4^+$ .

$$[\text{NH}_4^+] = 6,761 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$$

- Cálculo da concentração de amoníaco não ionizado,  $[\text{NH}_3]$ , na solução diluída:

$$n_{\text{total NH}_3} = n_{\text{NH}_3 \text{ não ionizado}} + n_{\text{NH}_4^+} \Leftrightarrow c_{\text{sol diluída}} V = [\text{NH}_3]V + [\text{NH}_4^+]V \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{c_{\text{sol diluída}} V}{V} = \frac{[\text{NH}_3]V}{V} + \frac{[\text{NH}_4^+]V}{V} \Leftrightarrow$$

$$c_{\text{sol. diluída}} = [\text{NH}_4^+] + [\text{NH}_3]$$

$$[\text{NH}_3] = 2,60 \times 10^{-2} - 6,761 \times 10^{-4} \Leftrightarrow [\text{NH}_3] = 2,5 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

- 14.2. • Cálculo da concentração de  $\text{OH}^-$  (aq) e de  $\text{NH}_4^+$  (aq):

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] \Leftrightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-11,1} = 7,943 \times 10^{-12} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{A } 25^\circ\text{C}, [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = 1,00 \times 10^{-14}$$

$$7,943 \times 10^{-12} \times [\text{OH}^-] = 1,00 \times 10^{-14} \Leftrightarrow [\text{OH}^-] = 1,259 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{Como, } [\text{OH}^-] = [\text{NH}_4^+], \text{ conclui-se que } [\text{NH}_4^+] = 1,259 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

- Determinação da ordem de grandeza da constante de basicidade do  $\text{NH}_3$  (aq):

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+] \times [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$$

$$[\text{NH}_3] = 0,10 \text{ mol dm}^{-3} - [\text{NH}_4^+]$$

$$[\text{NH}_3] = 0,10 \text{ mol dm}^{-3} - 1,259 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3} \simeq 0,10 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$K_b = \frac{1,259 \times 10^{-3} \times 1,259 \times 10^{-3}}{0,10} = 1,6 \times 10^{-5}$$

Pelo que se conclui que a ordem de grandeza da constante em causa é  $10^{-5}$

- 14.3.  $\text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightleftharpoons \text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$

Pares conjugados ácido-base:  $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$  e  $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$

15.1. • Determinação da concentração da solução diluída de ácido fluorídrico:

$$c_{\text{sol. diluída}} = \frac{27,8 \text{ mol dm}^{-3}}{100} = 0,278 \text{ mol dm}^{-3}$$

• Determinação da concentração de ácido ionizado ( $\text{F}^-$  (aq)) na solução diluída de ácido fluorídrico:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-1,87} = 1,349 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$[\text{F}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 1,349 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

• Determinação da concentração de ácido não ionizado ( $\text{HF}$  (aq)) na solução diluída de ácido fluorídrico:

$$n_{\text{total HF sol. dil.}} = n_{\text{HF não ionizado}} + n_{\text{F}^-} \Leftrightarrow c_{\text{sol. dil.}} V = [\text{HF}]V + [\text{F}^-]V \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{c_{\text{sol. dil.}} V}{V} = \frac{[\text{HF}]V + [\text{F}^-]V}{V} \Leftrightarrow c_{\text{sol. dil.}} = [\text{HF}] + [\text{F}^-]$$

$$0,278 = [\text{HF}] + 1,349 \times 10^{-2} \Leftrightarrow [\text{HF}] = 0,265 \text{ mol dm}^{-3}$$

• Determinação da percentagem de ácido não ionizado na solução diluída de ácido fluorídrico:

$$\frac{0,265 \text{ mol dm}^{-3}}{0,278 \text{ mol dm}^{-3}} \times 100\% = 95\%$$

15.2. A adição a uma solução de ácido fluorídrico de algumas gotas de uma solução concentrada de um ácido forte provoca um aumento da concentração de  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq). De acordo com o princípio de Le Châtelier, o aumento da concentração de  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) (uma das espécies intervenientes no equilíbrio considerado) favorece a reação que conduz a uma diminuição da concentração desse ião. Neste caso, a reação que conduz a uma diminuição da concentração do ião  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) é a reação inversa, pelo que a quantidade de ácido fluorídrico não ionizado na solução deverá aumentar.

16.1. • Cálculo da concentração de ácido sulfídrico não ionizado:

$$K_a = \frac{[\text{HS}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{H}_2\text{S}]}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3,94} \Leftrightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 1,148 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$[\text{HS}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 1,148 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$1,32 \times 10^{-7} = \frac{1,148 \times 10^{-4} \times 1,148 \times 10^{-4}}{[\text{H}_2\text{S}]} \Leftrightarrow [\text{H}_2\text{S}] = \frac{(1,148 \times 10^{-4})^2}{1,32 \times 10^{-7}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow [\text{H}_2\text{S}] = 9,984 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

• Cálculo da quantidade de ácido sulfídrico não ionizado que existe em 250,0 cm<sup>3</sup> de solução:

$$V_{\text{solução}} = 250,0 \text{ cm}^3 = 250,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 = 2,500 \times 10^{-1} \text{ dm}^3$$

$$c_{\text{H}_2\text{S}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{S}}}{V_{\text{solução}}} \quad 9,984 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3} = \frac{n_{\text{H}_2\text{S}}}{2,500 \times 10^{-1} \text{ dm}^3} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow n_{\text{H}_2\text{S}} = 9,984 \times 10^{-2} \times 2,500 \times 10^{-1} \Leftrightarrow n_{\text{H}_2\text{S}} = 2,50 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

## 16.2. (B)



## 17.2. • Cálculo da concentração hidrogeniônica resultante da primeira etapa de ionização do ácido sulfúrico:

Como a 1.ª etapa de ionização se pode considerar completa e a estequiometria da reação envolvida nessa etapa é 1 mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$  : 1 mol  $\text{H}_3\text{O}^+$ , a concentração hidrogeniônica resultante dessa etapa será igual a  $0,010 \text{ mol dm}^{-3}$ .

## • Cálculo da concentração hidrogeniônica resultante da segunda etapa de ionização:

$$n_{\text{total}} = n_{\text{HSO}_4^-} + n_{\text{SO}_4^{2-}} \Leftrightarrow c_{\text{solução}} V = [\text{HSO}_4^-]V + [\text{SO}_4^{2-}]V \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{c_{\text{solução}} V}{V} = \frac{[\text{HSO}_4^-]V}{V} + \frac{[\text{SO}_4^{2-}]V}{V} \Leftrightarrow c_{\text{solução}} = [\text{HSO}_4^-] + [\text{SO}_4^{2-}]$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = 0,010 - 3,5 \times 10^{-3} = 6,5 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

Atendendo à estequiometria da reação, a concentração hidrogeniônica resultante da 2.ª etapa de ionização do ácido sulfúrico será igual à concentração de equilíbrio do ião  $\text{SO}_4^{2-}$ :

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{SO}_4^{2-}] = 6,5 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

## • Cálculo da concentração hidrogeniônica total e do pH da solução:

Desprezando a autoionização da água, a quantidade total de  $\text{H}_3\text{O}^+$  na solução, será a soma da quantidade proveniente da 1.ª etapa de ionização com a quantidade proveniente da 2.ª etapa de ionização.

$$n_{\text{total H}_3\text{O}^+} = n_{1.ª \text{ etapa}} + n_{2.ª \text{ etapa}}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+]V = (0,010 \text{ mol dm}^{-3}) \times V + (6,5 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3})V \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = (0,010 \text{ mol dm}^{-3}) + (6,5 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}) = 1,65 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{pH} = -\log([\text{H}_3\text{O}^+]) \quad \text{pH} = -\log(1,65 \times 10^{-2}) = 1,8$$



Na reação considerada, o ião  $\text{CN}^-$  (aq) comporta-se como uma base, segundo Brønsted-Lowry, uma vez que aceita um próton, originando a espécie  $\text{HCN}$  (aq).

## 18.2.1. (A) A força de um ácido, a uma determinada temperatura, é traduzida pela constante de acidez.

$$\frac{K_{\text{ác nitroso}}}{K_{\text{ác cianídrico}}} = \frac{10^{-4}}{10^{-10}} = 10^6.$$

**18.2.2. • Cálculo da concentração de ácido nitroso ionizado:**

De acordo com a estequiometria da reação, e desprezando a contribuição da autoionização da água,  $[\text{NO}_2^-] = [\text{H}_3\text{O}^+]$ .

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2,72} \quad \Leftrightarrow \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 1,905 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{Assim, } [\text{NO}_2^-] = 1,905 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

**• Cálculo da concentração de ácido nitroso não ionizado:**

$$K_a = \frac{[\text{NO}_2^-] \times [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HNO}_2]} \quad 4,5 \times 10^{-4} = \frac{1,905 \times 10^{-3} \times 1,905 \times 10^{-3}}{[\text{HNO}_2]} \quad \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow [\text{HNO}_2] = \frac{1,905 \times 10^{-3} \times 1,905 \times 10^{-3}}{4,5 \times 10^{-4}} \quad \Leftrightarrow \quad [\text{HNO}_2] = 8,06 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

**• Cálculo da concentração inicial de ácido nitroso na solução:**

O ácido nitroso existe em solução nas formas ionizada e não ionizada. Assim,

$$n_{\text{total}} = n_{\text{NO}_2^-} + n_{\text{HNO}_2} \quad \Leftrightarrow \quad c_{\text{solução}} V = [\text{NO}_2^-]V + [\text{HNO}_2]V \quad \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{c_{\text{solução}} V}{V} = \frac{[\text{NO}_2^-]V}{V} + \frac{[\text{HNO}_2]V}{V} \quad \Leftrightarrow \quad c_{\text{solução}} = [\text{NO}_2^-] + [\text{HNO}_2]$$

$$c_{\text{solução}} = 1,905 \times 10^{-3} + 8,06 \times 10^{-3} = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

**19.1.** Uma base conjugada de um ácido de Brønsted-Lowry é a espécie química que resulta da perda de um próton pelo ácido.

**19.2.1. • Cálculo da concentração de ácido acético ionizado na solução inicial:**

pH da solução inicial = 2,88  $\Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2,88} = 1,318 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$ , na solução inicial.

De acordo com a estequiometria da reação:

$$[\text{CH}_3\text{COO}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 1,318 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

**• Cálculo da concentração de ácido acético não ionizado na solução inicial:**

$$n_{\text{total}} = n_{\text{CH}_3\text{COO}^-} + n_{\text{CH}_3\text{COOH}} \quad \Leftrightarrow \quad c_{\text{solução}} V = [\text{CH}_3\text{COO}^-]V + [\text{CH}_3\text{COOH}]V \quad \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{c_{\text{solução}} V}{V} = \frac{[\text{CH}_3\text{COO}^-]V}{V} + \frac{[\text{CH}_3\text{COOH}]V}{V} \quad \Leftrightarrow \quad c_{\text{solução}} = [\text{CH}_3\text{COO}^-] + [\text{CH}_3\text{COOH}]$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,100 \text{ mol dm}^{-3} - 1,318 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3} = 9,868 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

**• Cálculo da percentagem de ácido acético não ionizado na solução inicial:**

$$\frac{9,868 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}}{0,100 \text{ mol dm}^{-3}} \times 100\% = 98,7\%$$

**19.2.2. (C)** A partir dos valores de pH da solução inicial e da solução resultante da adição de 40,00 mL de NaOH (aq) podem-se calcular as concentrações hidrogeniônicas respetivas:  $1,318 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$  e  $4,365 \times 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}$ . Fazendo o quociente entre estes dois valores verifica-se que a concentração hidrogeniônica da solução que resulta da adição de 40,00 mL de NaOH (aq) terá diminuído cerca de trezentas vezes em relação ao valor inicial.

**19.2.3.** A adição de NaOH (aq) a uma solução aquosa de ácido acético provoca uma diminuição da concentração de  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq).

Assim, de acordo com o princípio de Le Châtelier, é favorecida a reação que conduz a um aumento da concentração de  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq), o que permite concluir que a ionização do ácido acético em água é favorecida pela adição de NaOH (aq).

**19.3. (D)** No ião permanganato,  $\text{MnO}_4^-$ , um dos reagentes na reação considerada, o número de oxidação do manganês (Mn) é +7, enquanto no ião  $\text{Mn}^{2+}$ , um dos produtos da reação, o número de oxidação do manganês é +2. Assim, o número de oxidação do manganês (Mn) diminui, o que corresponde a uma redução, atuando o ião permanganato,  $\text{MnO}_4^-$ , como oxidante.

**20.1.** 18 eletrões de valência. A molécula de ácido metanoico tem dois átomos de hidrogénio, um átomo de carbono e dois átomos de oxigénio. Cada átomo de hidrogénio tem 1 eletrão de valência, o átomo de carbono tem 4 eletrões de valência e cada átomo de oxigénio tem 6 eletrões de valência. Assim, a molécula tem  $2 \times 1 + 4 + 2 \times 6 = 18$  eletrões de valência.

**20.2.** São duas espécies que se convertem uma na outra por perda ou ganho de um protão (ião  $\text{H}^+$ ).

**20.3.** • Cálculo da concentração de ácido ionizado na solução de ácido metanoico:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3,20} = 6,31 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$$

Tendo em conta a estequiometria da reação e desprezando a contribuição da autoionização da água,  $[\text{HCOO}^-] = [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-3,20} = 6,31 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$

• Cálculo da concentração de ácido não ionizado na solução de ácido metanoico:

$$K_a = \frac{[\text{HCOO}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HCOOH}]}$$

$$1,7 \times 10^{-4} = \frac{6,31 \times 10^{-4} \times 6,31 \times 10^{-4}}{[\text{HCOOH}]} \Leftrightarrow [\text{HCOOH}] = \frac{6,31 \times 10^{-4} \times 6,31 \times 10^{-4}}{1,7 \times 10^{-4}} =$$

$$= 2,34 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

• Cálculo da quantidade total de ácido metanoico que existe em  $250,0 \text{ cm}^3$  de solução:

$$c = \frac{n}{V} \Leftrightarrow n = cV \quad V = 250,0 \text{ cm}^3 = 250,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$$

$$n_{\text{HCOO}^-} = 6,31 \times 10^{-4} \times 250,0 \times 10^{-3} = 1,58 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n_{\text{HCOOH}} = 2,34 \times 10^{-3} \times 250,0 \times 10^{-3} = 5,85 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n_{\text{total}} = n_{\text{HCOO}^-} + n_{\text{HCOOH}} \quad n_{\text{total}} = 1,58 \times 10^{-4} \text{ mol} + 5,85 \times 10^{-4} \text{ mol} = 7,43 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

• Cálculo da massa de ácido metanoico que terá de ser utilizada para preparar  $250,0 \text{ cm}^3$  da solução considerada:

$$m = nM \quad m = 7,43 \times 10^{-4} \times 46,03 = 3,4 \times 10^{-2} \text{ g}$$

**21.1.**  $0,07 \text{ cm}^3$  A incerteza absoluta de observação é o desvio absoluto máximo, ou seja, é a maior diferença, em módulo, entre cada valor medido e o valor mais provável ( $|40,10 - 40,17| = 0,07 \text{ cm}^3$  ;  $|40,20 - 40,17| = 0,03 \text{ cm}^3$ ).



21.2. • Cálculo da quantidade de NaOH adicionada até à mudança de cor do indicador:

$$c_{\text{NaOH}} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{V} \Leftrightarrow n_{\text{NaOH}} = c_{\text{NaOH}} V \quad V = 40,17 \text{ cm}^3 = 40,17 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$$

$$n_{\text{NaOH}} = 0,10 \text{ mol dm}^{-3} \times 40,17 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 = 4,02 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

• Cálculo da concentração da solução de ácido iodídrico:

De acordo com a estequiometria da reação (1 mol HI : 1 mol NaOH),

$$n_{\text{HI}} = n_{\text{NaOH}} = 4,02 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{Então, } c_{\text{HI}} = \frac{n_{\text{HI}}}{V} \quad c_{\text{HI}} = \frac{4,02 \times 10^{-3} \text{ mol}}{25,00 \times 10^{-3} \text{ dm}^3} = 0,16 \text{ mol dm}^{-3}$$

22.1. • Determinação da quantidade de HCl existente na solução ácida inicial:

$$V_{\text{solução}} = 25,0 \text{ cm}^3 = 25,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$$

$$c_{\text{HCl}} = \frac{n_{\text{HCl}}}{V_{\text{solução}}} \quad 0,100 = \frac{n_{\text{HCl}}}{25,0 \times 10^{-3}} \Leftrightarrow n_{\text{HCl}} = 0,100 \times 25,0 \times 10^{-3} \Leftrightarrow n_{\text{HCl}} = 2,500 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

• Identificação do reagente em excesso:

Estequiometria da reação: 1 mol HCl : 1 mol NaOH

Quantidades iniciais de reagentes:  $n_{\text{HCl}} = 2,500 \times 10^{-3} \text{ mol}$  ;  $n_{\text{NaOH}} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol}$

O HCl é o reagente em excesso.

• Determinação da quantidade de HCl que fica em solução depois da reação:

$$n = 2,500 \times 10^{-3} \text{ mol} - 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol} = 1,50 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

• Determinação da concentração hidrogeniônica na solução resultante:

Como o HCl é um ácido forte, encontra-se completamente ionizado em solução aquosa, logo  $n_{\text{H}_3\text{O}^+} = 1,50 \times 10^{-3} \text{ mol}$ .

$$V_{\text{solução}} = 35,0 \text{ cm}^3 = 35,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$$

$$c_{\text{H}_3\text{O}^+} = \frac{n_{\text{H}_3\text{O}^+}}{V_{\text{solução}}} \quad c_{\text{H}_3\text{O}^+} = \frac{1,50 \times 10^{-3} \text{ mol}}{35,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3} = 4,28 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

• Determinação do pH da solução resultante:

$$\text{pH} = -\log(4,28 \times 10^{-2}) = 1,4$$

22.2. • Determinação da quantidade de HCl (aq) gasta até ao ponto de equivalência da titulação:

$$V = 18,0 \text{ cm}^3 = 18,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$$

$$c_{\text{HCl}} = \frac{n_{\text{HCl}}}{V} \quad 0,20 = \frac{n_{\text{HCl}}}{18,0 \times 10^{-3}} \Leftrightarrow n_{\text{HCl}} = 0,20 \times 18,0 \times 10^{-3} \Leftrightarrow n_{\text{HCl}} = 3,60 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

• Determinação da quantidade de NaOH (aq) existente na amostra titulada:

Atendendo à estequiometria da reação (1 mol HCl : 1 mol NaOH) tem-se

$$n_{\text{NaOH}} = n_{\text{HCl}} = 3,60 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

- Determinação da massa de NaOH (aq) existente na amostra titulada:

$$\frac{1 \text{ mol NaOH}}{40,00 \text{ g}} = \frac{3,60 \times 10^{-3} \text{ mol}}{m} \Leftrightarrow m = 0,14 \text{ g}$$

- 23.1. (D)** O hidróxido de sódio é uma base forte o que significa que se dissocia totalmente na sua reação com a água. Esta é uma reação de dissociação (e não de ionização) uma vez que a água apenas “separa” os iões já existentes na substância.

- 23.2.** • Cálculo da quantidade de NaOH (aq) adicionada até ao ponto de equivalência da titulação:

$$c_{\text{NaOH}} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{V_{\text{solução}}} \quad \text{e} \quad V_{\text{solução}} = 16,40 \text{ cm}^3 = 16,40 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$$

$$0,200 = \frac{n_{\text{NaOH}}}{16,40 \times 10^{-3}} \Leftrightarrow n_{\text{NaOH}} = 0,200 \times 16,40 \times 10^{-3} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow n_{\text{NaOH}} = 3,280 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

- Cálculo da massa molar do ácido monoprotico em solução:

Atendendo à estequiometria da reação entre o ácido em solução e o NaOH (aq) (1:1, uma vez que o ácido é monoprotico), no ponto de equivalência  $n_{\text{ácido}} = n_{\text{NaOH}}$ .

$$\frac{3,280 \times 10^{-3} \text{ mol ácido}}{0,328 \text{ g ácido}} = \frac{1 \text{ mol ácido}}{m} \Leftrightarrow m = 100 \text{ g}$$

Assim,  $M = 100 \text{ g mol}^{-1}$

#### 24.1.1. (A)

- 24.1.2.** • Determinação da quantidade de iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) presentes no equilíbrio:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2,88} = 1,318 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{n_{\text{H}_3\text{O}^+}}{V_{\text{solução}}} \quad 1,318 \times 10^{-3} = \frac{n_{\text{H}_3\text{O}^+}}{0,500} \Leftrightarrow n_{\text{H}_3\text{O}^+} = 6,590 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

- Determinação da quantidade de ácido acético ionizado,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  (aq), existente no equilíbrio:

Atendendo à estequiometria da reação (1 mol  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  (aq) : 1 mol  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq)), tem-se

$$n_{\text{CH}_3\text{COO}^-} = n_{\text{H}_3\text{O}^+} = 6,590 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

- Determinação da quantidade de ácido acético não ionizado,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (aq), existente no equilíbrio:

$$n_{\text{CH}_3\text{COOH}} = n_{\text{inicial}} - n_{\text{CH}_3\text{COO}^-}$$

$$n_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 5,00 \times 10^{-2} - 6,590 \times 10^{-4} = 4,934 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

- Determinação da concentração de ácido acético não ionizado,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (aq), existente no equilíbrio:

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{n_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{V_{\text{solução}}} \quad [\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{4,934 \times 10^{-2} \text{ mol}}{0,500 \text{ dm}^3} = 9,87 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

#### 24.2.1. (B)

**24.2.2.** ▪ Determinação da concentração de ácido acético no vinagre comercial:

Como a solução de vinagre comercial foi diluída 10 vezes, a concentração de  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (aq) nesse vinagre será  $10 \times (7,8 \times 10^{-2}) = 7,8 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$

- Determinação da quantidade de ácido acético existente em  $100 \text{ cm}^3 (= 0,100 \text{ dm}^3)$  do vinagre comercial:

$$c_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{n_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{V_{\text{solução}}} \quad 7,8 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3} = \frac{n_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{0,100 \text{ dm}^3} \Leftrightarrow n_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 7,8 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

- Determinação da massa de ácido acético existente em  $100 \text{ cm}^3$  do vinagre comercial, isto é, do grau de acidez do vinagre comercial:

$$\frac{1 \text{ mol CH}_3\text{COOH}}{60,06 \text{ g}} = \frac{7,8 \times 10^{-2} \text{ mol}}{m} \Leftrightarrow m = 4,7 \text{ g}$$

Grau de acidez = 4,7

**25.1. (D)** Uma reação é completa quando pelo menos um dos reagentes se esgota no decurso da reação.

**25.2. (A)** Na reação considerada, o número de oxidação do lítio aumenta de 0 (na espécie Li) para +1 (em LiOH, onde surge na forma de ião  $\text{Li}^+$ ). Assim, o lítio oxida-se, atuando como redutor.

**25.3.** ▪ Cálculo da concentração de  $\text{OH}^-$  na solução resultante:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-13,27} = 5,37 \times 10^{-14} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$K_w = [\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = 1,00 \times 10^{-14} \Rightarrow [\text{OH}^-] = \frac{1,00 \times 10^{-14}}{5,37 \times 10^{-14}} = 1,86 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$$

- Cálculo da quantidade de  $\text{OH}^-$  na solução resultante:

$$c = \frac{n}{V} \Leftrightarrow n = cV \quad V = 200 \text{ cm}^3 = 0,200 \text{ dm}^3$$

$$n_{\text{OH}^-} = 1,86 \times 10^{-1} \times 0,200 = 3,72 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

- Cálculo da quantidade de  $\text{H}_2$  (g) que se terá formado na reação:

Admitindo que o LiOH se encontra totalmente dissociado em solução, a quantidade de iões  $\text{OH}^-$  na solução é igual à quantidade de LiOH que se formou.

De acordo com a estequiometria da reação, quando se formam 2 mol de LiOH, forma-se

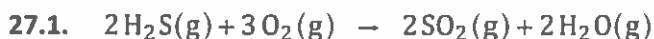
$$1 \text{ mol de H}_2. \text{ Assim, } \frac{2 \text{ mol LiOH}}{1 \text{ mol H}_2} = \frac{3,72 \times 10^{-2} \text{ mol LiOH}}{n_{\text{H}_2}} \Leftrightarrow n_{\text{H}_2} = 1,86 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

- Cálculo do volume, medido nas condições normais de pressão e de temperatura, de  $\text{H}_2$  (g) que se terá formado na reação:

Em condições normais de pressão e de temperatura, 1 mol de qualquer gás ocupa um volume de  $22,4 \text{ dm}^3$ .

$$\frac{1 \text{ mol H}_2}{22,4 \text{ dm}^3} = \frac{1,86 \times 10^{-2} \text{ mol H}_2}{V} \Leftrightarrow V = 4,2 \times 10^{-1} \text{ dm}^3$$

**26. (C)** A amostra A de água da chuva, cujo pH, a  $25^\circ\text{C}$ , é 5,6 tem uma concentração hidrogeniônica de  $2,52 \times 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}$ , o que implica que a concentração hidrogeniônica na amostra B de água da chuva seja  $2,52 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$ , ou seja, 100 vezes maior do que na amostra A. A partir daquele valor determina-se o pH da amostra B, obtendo-se 3,6.



O  $\text{SO}_2(\text{g})$  emitido para a atmosfera reage com a água presente na atmosfera, originando ácidos que contribuem para o aumento da acidez da água da chuva.

27.2. (C) Libertam-se  $6 \times 10^{10} \text{ kg SO}_2 = 6 \times 10^{10} \times 10^3 \text{ g SO}_2$  por ano. Dividindo esta massa pela massa molar do  $\text{SO}_2$ , obtém-se a quantidade de  $\text{SO}_2$  libertada por ano. Multiplicando essa quantidade pela constante de Avogadro, obtém-se o número de moléculas de  $\text{SO}_2(\text{g})$  libertadas para a atmosfera, por ano.



27.4. (B) Determinação do número de oxidação do enxofre na espécie  $\text{SO}_2$ :  $x + 2 \times (-2) = 0 \Leftrightarrow x = +4$   
Determinação do número de oxidação do enxofre na espécie  $\text{SO}_3$ :  $x + 3 \times (-2) = 0 \Leftrightarrow x = +6$

27.5. (D) A amostra de  $\text{SO}_2(\text{g})$  tem metade do volume da amostra de  $\text{SO}_3(\text{g})$ , nas mesmas condições de pressão e de temperatura, o que significa que, de acordo com a Lei de Avogadro, a amostra de  $\text{SO}_2(\text{g})$  conterá metade do número de moléculas de gás, comparada com a amostra de  $\text{SO}_3(\text{g})$ . A partir desta relação e atendendo à estequiometria dos dois compostos, verifica-se que, das opções apresentadas, apenas a que diz respeito ao número de átomos de oxigénio é verdadeira: a amostra de  $\text{SO}_2(\text{g})$  contém apenas um terço do número de átomos de oxigénio, comparando com a amostra de  $\text{SO}_3(\text{g})$ .

28. A moeda de cobre terá sofrido corrosão em maior extensão.

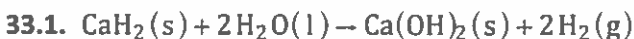
Um metal sofre corrosão quando, num processo eletroquímico, perde eletrões, transformando-se num ião positivo. Como o cobre tem maior poder redutor do que o ouro, oxida-se mais facilmente, isto é, cede eletrões mais facilmente que o ouro.

29. (B) Determinação do número de oxidação do carbono na espécie  $\text{CH}_4$ :  $x + 4 \times (+1) = 0 \Leftrightarrow x = -4$   
Determinação do número de oxidação do carbono na espécie  $\text{CO}_2$ :  $x + 2 \times (-2) = 0 \Leftrightarrow x = +4$

30. (B) A variação do número de oxidação do iodo é  $-1$  (de  $0$  na espécie reagente  $\text{I}_2$  a  $-1$  no produto  $\text{HI}$ ). Conclui-se que, na reação indicada, o iodo se reduz, atuando como oxidante.

31. (C)

32. (B) A partir da variação do número de oxidação do cloro (de  $0$  na espécie reagente  $\text{Cl}_2$  a  $-1$  no produto  $\text{NaCl}$ ) conclui-se que, na reação indicada, o cloro se reduz, atuando como oxidante.



33.2. (A)

34.1. (A) A partir da variação dos números de oxidação do enxofre e do cloro nas espécies envolvidas na reação, verifica-se que o número de oxidação do enxofre aumenta (de  $-2$  a  $0$ ) o que traduz a oxidação da espécie  $\text{H}_2\text{S}$ . Assim, esta espécie, que é oxidada pelo  $\text{Cl}_2$ , é o agente redutor.

34.2.1. (B) A reação do ácido sulfídrico com a água é uma reação de ionização na qual se formam os iões  $\text{S}^{2-}$  e  $\text{H}_3\text{O}^+$ . De acordo com o princípio de Le Châtelier, a diminuição da concentração hidrogeniônica, e o correspondente aumento do pH do meio, favorece a reação de ionização do ácido.

34.2.2. • Cálculo da concentração de íão  $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ :

$$\frac{1 \text{ mol Fe}^{2+}}{55,85 \text{ g}} = \frac{n_{\text{Fe}^{2+}}}{4,47 \text{ g}} \Leftrightarrow n_{\text{Fe}^{2+}} = 8,00 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

Como essa quantidade de íão  $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$  existe em  $1 \text{ dm}^3$  de solução, então, nessa solução,  $[\text{Fe}^{2+}] = 8,00 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$ .

• Cálculo da concentração de íão  $\text{S}^{2-}(\text{aq})$ :

$$K_s = [\text{Fe}^{2+}][\text{S}^{2-}] \quad 6,3 \times 10^{-18} = 8,00 \times 10^{-2} \times [\text{S}^{2-}] \Leftrightarrow [\text{S}^{2-}] = \frac{6,3 \times 10^{-18}}{8,00 \times 10^{-2}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow [\text{S}^{2-}] = 7,88 \times 10^{-17} \text{ mol dm}^{-3}$$

• Cálculo da concentração hidrogeniônica necessária para que o sulfureto de ferro possa precipitar:

$$K_a = \frac{[\text{S}^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]^2}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad 6,8 \times 10^{-23} = \frac{7,88 \times 10^{-17} \times [\text{H}_3\text{O}^+]^2}{0,10} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]^2 = \frac{6,8 \times 10^{-23} \times 0,10}{7,88 \times 10^{-17}} \Leftrightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]^2 = 8,63 \times 10^{-8} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{8,63 \times 10^{-8}} \Leftrightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 2,9 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$$

35. (A) 90,0 g de NaCl em 250 g de água é igual a 36,0 g de NaCl em 100 g de água. Aqueles valores traduzem, assim, a solubilidade do NaCl em água, ou seja, a concentração de NaCl numa solução saturada deste composto. Assim, pela definição de solução saturada, não existirá sólido depositado no fundo do recipiente.

36. (A) O hidróxido de cálcio é um sal cuja estequiometria determina que  $K_s = 4s^3$ . Assim,

$$s = \sqrt[3]{\frac{K_s}{4}} \Rightarrow s = \sqrt[3]{\frac{8,0 \times 10^{-6}}{4}} = 1,3 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}.$$

37. (A)  $\text{PbI}_2(\text{s}) = \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{I}^{-}(\text{aq})$

$$\begin{array}{ccc} & s & 2s \\ K_s = [\text{Pb}^{2+}][\text{I}^{-}]^2 & \Leftrightarrow K_s = s \times (2s)^2 & \Leftrightarrow K_s = 4s^3 \Leftrightarrow s = \sqrt[3]{\frac{K_s}{4}} \\ s = \sqrt[3]{\frac{9,8 \times 10^{-9}}{4}} & = 1,3 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3} & \end{array}$$

38.1. (D) O carbonato de cálcio é um sal cuja estequiometria determina que  $K_s = s^2$ . Assim, fazendo a raiz quadrada da constante do produto de solubilidade,  $K_s$ , obtém-se a solubilidade,  $s$ , do sal.

38.2. • Determinação da quantidade de  $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$  existente na solução de ácido forte:

$$c_{\text{H}_3\text{O}^+} = \frac{n_{\text{H}_3\text{O}^+}}{V_{\text{solução}}} \quad 0,80 = \frac{n_{\text{H}_3\text{O}^+}}{7,5} \Leftrightarrow n_{\text{H}_3\text{O}^+} = 0,80 \times 7,5 \Leftrightarrow n_{\text{H}_3\text{O}^+} = 6,00 \text{ mol}$$

- Determinação da massa de conchas (carbonato de cálcio) que é possível dissolver:

1 mol de  $\text{CaCO}_3$ , ou seja, 100,1 g de  $\text{CaCO}_3$ , reagem com 2 mol de  $\text{H}_3\text{O}^+$ .

$$\frac{100,1 \text{ g CaCO}_3}{2 \text{ mol H}_3\text{O}^+} = \frac{m_{\text{CaCO}_3}}{6,00 \text{ mol}} \Leftrightarrow m_{\text{CaCO}_3} = 3,0 \times 10^2 \text{ g}$$

- 39.1.1. (B)** O hidróxido de cálcio é uma base forte o que significa que se dissocia completamente na sua reação com a água. Esta é uma reação de dissociação (e não de ionização) uma vez que a água apenas “separa” os iões já existentes na substância.

- 39.1.2.** A reação do  $\text{CaO}$  com a água origina  $\text{Ca(OH)}_2$  que, dissolvendo-se na água do mar, dá origem a iões  $\text{OH}^-$  em solução.

O aumento da concentração de iões  $\text{OH}^-$  (aq) conduz a uma diminuição da concentração de iões  $\text{H}_3\text{O}^+$  (aq) sendo, conseqüentemente, de prever que o pH da água do mar utilizada aumente.

- 39.2.1. (B)** De acordo com a estequiometria da reação, 1 mol de  $\text{Mg}^{2+}$  origina 1 mol de  $\text{Mg(OH)}_2$ , ou seja 58,33 g de  $\text{Mg(OH)}_2$ . Assim, para obter, pelo menos, 1,0 kg de  $\text{Mg(OH)}_2$ , é preciso que reaja, no mínimo,  $\frac{1,0 \times 10^3 \text{ g}}{58,33 \text{ g mol}^{-1}} = 17,1 \text{ mol}$ . Como 1,0 kg de água do mar contém 0,052 mol de iões  $\text{Mg}^{2+}$ , será necessário utilizar, no mínimo,  $\frac{1,0 \text{ kg} \times 17,1 \text{ mol}}{0,052 \text{ mol}} = 3,3 \times 10^2 \text{ kg}$ .

- 39.2.2. (D)** O hidróxido de cálcio e o hidróxido de magnésio são sais cuja estequiometria determina que  $K_s = 4s^3$ .

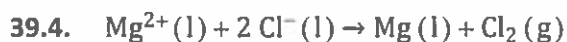
Assim,  $s = \sqrt[3]{\frac{K_s}{4}}$ . Para o hidróxido de cálcio tem-se  $s = \sqrt[3]{\frac{6,5 \times 10^{-6}}{4}} = 1,18 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$ .

Para o hidróxido de magnésio tem-se  $s = \sqrt[3]{\frac{7,1 \times 10^{-12}}{4}} = 1,21 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$ .

Comparando as solubilidades destes dois hidróxidos,  $\frac{1,18 \times 10^{-2}}{1,21 \times 10^{-4}}$ , conclui-se que o  $\text{Mg(OH)}_2$  é cerca de  $10^2$  vezes menos solúvel do que o  $\text{Ca(OH)}_2$ .

- 39.3.1. (A)** Multiplicando a densidade da solução de ácido clorídrico por 0,30 (uma vez que a solução contém 30%, em massa, de HCl), obtém-se a massa de HCl que existe em 1  $\text{cm}^3$  de solução. Multiplicando por 500, obtém-se a massa de HCl que existe em 500  $\text{cm}^3$  da solução.

- 39.3.2. (A)** Uma reação é completa quando pelo menos um dos reagentes se esgota no decurso da reação. Como as 100 moles de  $\text{Mg(OH)}_2$  reagem com HCl em excesso, sabe-se que o hidróxido de magnésio é o reagente limitante, esgotando-se no decurso da reação.



**40. (C)**

- 41.** ▪ Cálculo da massa de solução saturada que contém 35,54 g de KCl:

A massa total de uma solução formada por 100 g de água e 35,54 g de KCl é  $100 \text{ g} + 35,54 \text{ g} = 135,54 \text{ g}$

- Cálculo da massa de KCl dissolvida em 250 g da solução saturada:

$$\frac{135,54 \text{ g solução}}{35,54 \text{ g KCl}} = \frac{250 \text{ g solução}}{m} \Leftrightarrow m = 65,55 \text{ g}$$

- Cálculo da quantidade de KCl dissolvida em 250 g da solução saturada:

$$M(\text{KCl}) = 39,10 + 35,45 = 74,55 \text{ g mol}^{-1}$$

$$m = nM \Leftrightarrow n = \frac{m}{M} \Rightarrow n = \frac{65,55 \text{ g}}{74,55 \text{ g mol}^{-1}} = 0,879 \text{ mol}$$

#### 42.1. (C)

- 42.2. Uma quantidade apreciável de  $\text{CO}_2$  dissolvido implica que o sistema considerado evolua no sentido da reação direta, o que se traduz num aumento da concentração de  $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$ .

O aumento da concentração de  $\text{Ca}^{2+}(\text{aq})$  corresponde a um aumento da dureza da água.

#### 43.1. Pipeta.

- 43.2. • Determinação da concentração hidrogeniônica na solução padrão de HCl:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-0,60} \Leftrightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 0,251 \text{ mol dm}^{-3}$$

- Determinação da quantidade de  $\text{OH}^-$  existente em  $10,0 \text{ cm}^3$  de solução diluída de hidróxido de sódio:

De acordo com a estequiometria da reação,  $n_{\text{OH}^-} = n_{\text{H}_3\text{O}^+}$

$$c_{\text{H}_3\text{O}^+} = \frac{n_{\text{H}_3\text{O}^+}}{V_{\text{solução}}} \quad 0,251 = \frac{n_{\text{H}_3\text{O}^+}}{15,20 \times 10^{-3}} \Leftrightarrow n_{\text{H}_3\text{O}^+} = 3,82 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{Então, } n_{\text{OH}^-} = 3,82 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

- Determinação da concentração da solução diluída de NaOH:

$$c_{\text{NaOH}} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{V_{\text{solução}}} \quad c_{\text{NaOH}} = \frac{3,82 \times 10^{-3} \text{ mol}}{10,00 \times 10^{-3} \text{ dm}^3} = 0,382 \text{ mol dm}^{-3}$$

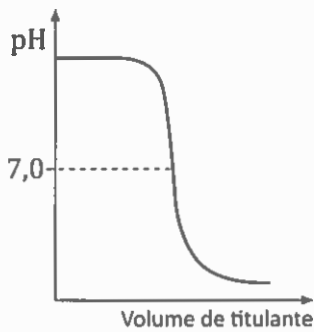
- Determinação da concentração da solução inicial de NaOH:

A solução inicial de NaOH é 5 vezes mais concentrada que a solução diluída. Assim,

$$c = 5 \times 0,382 \text{ mol dm}^{-3} = 1,9 \text{ mol dm}^{-3}$$

- 43.3. (B) Numa titulação, o indicador é geralmente adicionado à solução que se encontra no erlenmeyer. A escolha de um indicador numa titulação deve ser feita em função da sua adequação para assinalar corretamente o ponto de equivalência da titulação. Assim, uma escolha inadequada do indicador conduz a um erro de titulação, determinando uma diminuição de exatidão na determinação da concentração do titulado.

43.4.



44.1. (A)

44.2. • Determinação da quantidade de NaOH adicionada até ao ponto final da titulação:

$$V_{\text{sol. NaOH}} = 24,60 \text{ cm}^3 = 24,60 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$$

$$c_{\text{sol. NaOH}} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{V_{\text{sol. NaOH}}}$$

$$1,00 \times 10^{-1} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{24,60 \times 10^{-3}} \Leftrightarrow n_{\text{NaOH}} = 2,460 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

• Determinação da concentração da solução de HCl:

De acordo com a estequiometria da reação,  $n_{\text{HCl}} = n_{\text{NaOH}} = 2,460 \times 10^{-3} \text{ mol}$ .

$$V_{\text{sol. HCl}} = 50,00 \text{ cm}^3 = 50,00 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$$

$$c_{\text{sol. HCl}} = \frac{n_{\text{HCl}}}{V_{\text{sol. HCl}}}$$

$$c_{\text{sol. HCl}} = \frac{2,460 \times 10^{-3} \text{ mol}}{50,00 \times 10^{-3} \text{ dm}^3} \Leftrightarrow c_{\text{sol. HCl}} = 4,92 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

44.3. 
$$\frac{24,60 - 25,00}{25,00} \times 100\%$$

45.1. (B)

45.2. • Volume de titulante (solução padrão de NaOH) adicionado até ao ponto de equivalência:

$$\text{Por leitura do gráfico } V_{\text{sol. NaOH}} = 50,0 \text{ cm}^3 = 50,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$$

• Determinação da quantidade de NaOH que reagiu:

$$c_{\text{NaOH}} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{V_{\text{sol. NaOH}}} \quad 0,10 = \frac{n_{\text{NaOH}}}{50,0 \times 10^{-3}} \Leftrightarrow n_{\text{NaOH}} = 0,10 \times 50,0 \times 10^{-3} = 5,00 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

• Determinação da quantidade de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  que existia na solução titulada:Estequiometria da reação: 1 mol  $\text{H}_2\text{SO}_4$  : 2 mol NaOH

$$\frac{1 \text{ mol H}_2\text{SO}_4}{2 \text{ mol NaOH}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{5,00 \times 10^{-3} \text{ mol NaOH}} \Leftrightarrow n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 2,50 \times 10^{-3} \text{ mol}$$



- Determinação da concentração da solução de ácido sulfúrico:

$$V_{\text{sol H}_2\text{SO}_4} = 25,00 \text{ cm}^3 = 25,00 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$$

$$c_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{V_{\text{sol H}_2\text{SO}_4}} \quad c_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{2,50 \times 10^{-3}}{25,00 \times 10^{-3}} = 0,10 \text{ mol dm}^{-3}$$

46.1. Gráfico do pH da solução resultante da titulação em função do volume de titulante adicionado.

46.2. (A) Tendo em conta a estequiometria da reação, a quantidade de NaOH(aq) adicionada até ao ponto de equivalência da titulação é igual à quantidade de HCl que existia no copo:

$$n_{\text{NaOH}} = n_{\text{HCl}} \Leftrightarrow c_{\text{NaOH}} V_{\text{sol NaOH}} = c_{\text{HCl}} V_{\text{sol HCl}} \Leftrightarrow V_{\text{sol NaOH}} = \frac{c_{\text{HCl}} V_{\text{sol HCl}}}{c_{\text{NaOH}}}$$

46.3. (C)

46.4. • Cálculo da quantidade de  $\text{H}_3\text{O}^+$ (aq) na solução inicial de ácido clorídrico:

$$n_{\text{H}_3\text{O}^+, \text{inicial}} = n_{\text{HCl}} \Leftrightarrow n_{\text{H}_3\text{O}^+, \text{inicial}} = c_{\text{HCl}} V_{\text{sol HCl}}$$

$$n_{\text{H}_3\text{O}^+, \text{inicial}} = \frac{2,00 \times 10^{-4} \text{ mol}}{1,00 \text{ cm}^3} \times 50,0 \text{ cm}^3 = 1,000 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

- Cálculo da quantidade de  $\text{OH}^-$ (aq) adicionada:

$$n_{\text{OH}^-, \text{adicionada}} = n_{\text{NaOH}} \Leftrightarrow n_{\text{OH}^-, \text{adicionada}} = c_{\text{NaOH}} V_{\text{sol NaOH}}$$

$$n_{\text{OH}^-, \text{adicionada}} = \frac{0,400 \text{ mol}}{1 \text{ dm}^3} \times 40,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 = 1,600 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

- Cálculo da concentração de  $\text{OH}^-$ (aq) na solução resultante:

De acordo com a estequiometria da reação, 1 mol de iões  $\text{OH}^-$  reage com 1 mol de iões  $\text{H}_3\text{O}^+$ . Assim, a quantidade em excesso de iões  $\text{OH}^-$ (aq) adicionada pode ser calculada por

$$n_{\text{OH}^-, \text{excesso}} = n_{\text{OH}^-, \text{adicionada}} - n_{\text{H}_3\text{O}^+, \text{inicial}}$$

$$n_{\text{OH}^-, \text{excesso}} = 1,600 \times 10^{-2} \text{ mol} - 1,000 \times 10^{-2} \text{ mol} = 6,00 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

A concentração de iões  $\text{OH}^-$ (aq) na solução resultante será, então,

$$[\text{OH}^-] = \frac{n_{\text{OH}^-, \text{excesso}}}{V_{\text{total}}} \quad [\text{OH}^-] = \frac{6,00 \times 10^{-3} \text{ mol}}{90,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3} = 6,67 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

- Cálculo do pH da solução resultante:

$$[\text{H}_3\text{O}^+][\text{OH}^-] = K_w \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{1,00 \times 10^{-14}}{6,67 \times 10^{-2}} = 1,50 \times 10^{-13} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] \quad \text{pH} = -\log(1,50 \times 10^{-13}) = 12,82$$

47.1. Prata.

47.2.1. (C) Ocorre a redução dos iões  $\text{Cu}^{2+}$  e forma-se um depósito de Cu.

47.2.2. Magnésio.

48.1.1. (C)

**48.1.2. (D)** A solubilidade de um sal é, por definição, a concentração desse sal numa solução saturada desse sal. O  $\text{KNO}_3$  é um sal iônico que, em solução aquosa, se encontra completamente dissociado nos íons  $\text{K}^+$  (aq) e  $\text{NO}_3^-$  (aq). Assim, e atendendo à estequiometria desse composto, a concentração de cada um desses íons na solução saturada é igual à concentração do sal e, conseqüentemente, à solubilidade do sal.

**48.2.1.** 31 g

**48.2.2.** ▪ Determinação do valor da solubilidade do  $\text{KNO}_3$  em água, à temperatura de  $30^\circ\text{C}$  :

Por leitura do gráfico, verifica-se que, a  $30^\circ\text{C}$ , a solubilidade do  $\text{KNO}_3$  em água é 46 g de  $\text{KNO}_3$  por 100 g de água.

▪ Cálculo do erro relativo, em percentagem, do valor experimental de solubilidade:

$$\text{erro relativo}(\%) = \frac{55 - 46}{46} \times 100 = 20\%$$

**48.2.3.** Verifica-se, a partir do gráfico, que a solubilidade do  $\text{KNO}_3$  (s) em água aumenta à medida que a temperatura aumenta, o que significa que um aumento da temperatura favorece a dissolução do sal. De acordo com o princípio de Le Châtelier, o aumento de temperatura favorece o processo que ocorre com absorção de energia, ou seja, o processo endotérmico. Conclui-se, assim, que a dissolução do  $\text{KNO}_3$  (s) em água é um processo endotérmico.