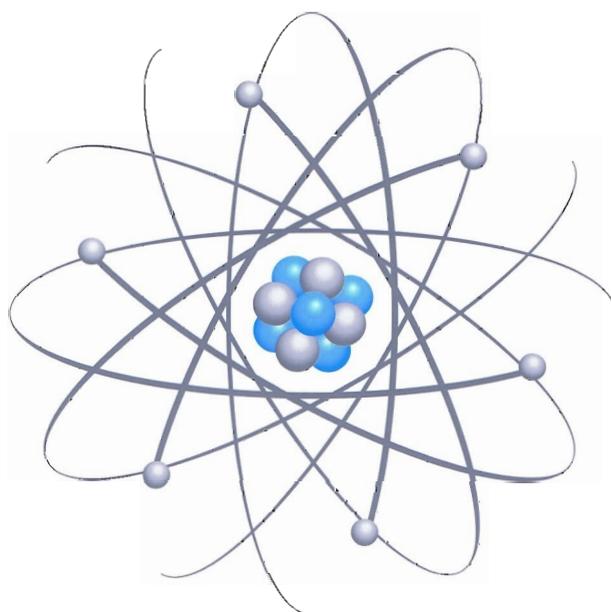


EDIÇÃO
2014-2015

IAVE INSTITUTO
DE AVALIAÇÃO
EDUCATIVA, I.P.

10.º E 11.º ANOS

Física e Química A



QUESTÕES DE EXAMES NACIONAIS
E DE TESTES INTERMÉDIOS
2008-2014

com Resoluções

Coleção IAVE 2014-2015

Matemática A 12.º Ano

Vol. I **Probabilidades e Combinatória**

Questões de Exames Nacionais
e de Testes Intermédios – 1997-2014

Matemática A 12.º Ano

Vol. II **Funções**

Questões de Exames Nacionais
e de Testes Intermédios – 1997-2014

Matemática A 12.º Ano

Vol. III **Funções e Complexos**

Questões de Exames Nacionais
e de Testes Intermédios – 1997-2014

Matemática A Ensino Secundário

Geometria

Questões de Exames Nacionais
e de Testes Intermédios – 1997-2014

Biologia e Geologia 10.º e 11.º Anos

Vol. I **Geologia**

Questões de Exames Nacionais
e de Testes Intermédios – 2006-2014

Biologia e Geologia 10.º e 11.º Anos

Vol. II **Biologia**

Questões de Exames Nacionais
e de Testes Intermédios – 2006-2014

Física e Química A 10.º e 11.º Anos

Questões de Exames Nacionais
e de Testes Intermédios – 2008-2014

Matemática 3.º Ciclo - Ensino Básico

Questões de Provas Finais Nacionais
e de Testes Intermédios – 2008-2014

Matemática 2.º Ciclo - Ensino Básico

Questões de Provas Finais Nacionais – 2012-2014

Matemática 1.º Ciclo - Ensino Básico

Questões de Provas de Aferição
e de Provas Finais Nacionais – 2009-2014



A publicação **Física e Química A** inclui itens apresentados em provas de exames nacionais, realizadas entre 2008 e 2014 (1.ª fase, 2.ª fase e época especial), e em testes intermédios, aplicados entre 2008 e 2014 (10.º e 11.º anos).

Os conteúdos estão organizados de forma a permitir ao aluno dirigir o seu estudo para as unidades do programa.

É apresentada a resposta dos itens de seleção (escolha múltipla, associação/correspondência e ordenação), assim como dos itens de construção de resposta curta. Para os itens de construção de resposta restrita são apresentadas propostas de resolução.

10.º E 11.º ANOS

Física e Química A

Física e Química A

**Questões de Exames Nacionais e de Testes Intermédios dos 10.º e 11.º Anos
Com Resoluções**

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

Sítio: www.iave.pt

Presidente do IAVE, I.P.: Helder de Sousa

Capa: Prude

1.ª edição: janeiro 2015

Tiragem: 5000

Execução gráfica: IAVE, I. P.

Impressão: Editorial do Ministério da Educação e Ciência

Depósito legal: 386 501/15

ISBN: 978-972-8866-75-4

ÍNDICE

<i>Apresentação</i>	5
Questões de exame e de testes intermédios (2008-2014)	7
Física 10.º Ano	9
Unidade 1 – Do Sol ao aquecimento	11
Unidade 2 – Energia em movimentos	37
Física 11.º Ano	61
Unidade 1 – Movimentos na Terra e no Espaço	63
Unidade 2 – Comunicações	105
Química 10.º Ano	135
Unidade 1 – Das estrelas ao átomo	137
Unidade 2 – Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura	159
Química 11.º Ano	187
Unidade 1 – Química e indústria: equilíbrios e desequilíbrios	189
Unidade 2 – Da atmosfera ao oceano: soluções na Terra e para a Terra	211
Resoluções – Física 10.º Ano – Unidade 1 – Do Sol ao aquecimento	239
Resoluções – Física 10.º Ano – Unidade 2 – Energia em movimentos	251
Resoluções – Física 11.º Ano – Unidade 1 – Movimentos na Terra e no Espaço	265
Resoluções – Física 11.º Ano – Unidade 2 – Comunicações	287
Resoluções – Química 10.º Ano – Unidade 1 – Das estrelas ao átomo	297
Resoluções – Química 10.º Ano – Unidade 2 – Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura	305
Resoluções – Química 11.º Ano – Unidade 1 – Química e indústria: equilíbrios e desequilíbrios	321
Resoluções – Química 11.º Ano – Unidade 2 – Da atmosfera ao oceano: soluções na Terra e para a Terra	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 as unidades do programa em vigor.

É apresentada a chave de resposta para cada questão, 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, dando continuidade ao trabalho anteriormente desenvolvido pelo GAVE, e do qual esta publicação faz parte, 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, nem sempre 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 fraquezas 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
Janeiro de 2015

QUESTÕES DE EXAME E DE TESTES INTERMÉDIOS

FÍSICA 10.º ANO

UNIDADE 1
Do Sol ao aquecimento

1. Qualquer que seja a temperatura a que se encontre, um corpo emite sempre radiação eletromagnética, devido aos movimentos de agitação térmica das partículas que o constituem.

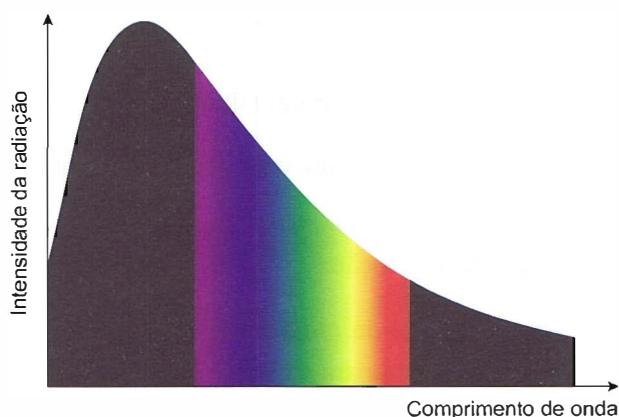
O espectro da radiação térmica emitida por um corpo é um espectro contínuo em que o comprimento de onda da radiação de máxima intensidade emitida depende da temperatura a que o corpo se encontra: à medida que a temperatura, T , do corpo aumenta, o comprimento de onda ao qual ocorre a emissão de radiação de máxima intensidade, $\lambda_{\text{máxima}}$, diminui proporcionalmente.

A taxa temporal de emissão de energia de um corpo, sob a forma de radiação térmica, a partir da sua superfície, é proporcional à quarta potência da temperatura absoluta da superfície do corpo, dependendo também da sua área superficial e de uma constante chamada emissividade.

Ao mesmo tempo que emite, um corpo também absorve radiação eletromagnética da sua vizinhança. Quando um corpo está em equilíbrio com a sua vizinhança, emite e absorve energia, como radiação, à mesma taxa temporal.

R. A. Serway, J. W. Jewett, Jr., *Princípios de Física*, vol. II, Pioneira Thomson Learning, 2004 (adaptado)

- 1.1. A figura apresenta uma parte do gráfico da intensidade da radiação emitida por um corpo, a uma determinada temperatura, em função do comprimento de onda.



À temperatura considerada, o corpo emite

- (A) apenas radiação visível.
 (B) radiação de máxima intensidade no visível.
 (C) apenas radiação ultravioleta.
 (D) radiação de máxima intensidade no ultravioleta.
- 1.2. Traduza por uma expressão matemática a lei enunciada no final do segundo parágrafo do texto.
- 1.3. Qual é a unidade do Sistema Internacional em que se exprime a taxa temporal de emissão de energia de um corpo?
- 1.4. Se a temperatura absoluta da superfície de um corpo aumentar duas vezes, a taxa temporal de emissão de energia do corpo, sob a forma de radiação térmica, a partir da sua superfície, aumentará
- (A) duas vezes. (B) quatro vezes.
 (C) oito vezes. (D) dezasseis vezes.

1.5. A Terra emite e absorve radiação a uma taxa temporal _____, pelo que a temperatura média da sua superfície _____.

- (A) iguai ... varia
- (B) diferente ... varia
- (C) igual ... não varia
- (D) diferente ... não varia

2. O planeta Terra é um sistema aberto que recebe energia quase exclusivamente do Sol. A energia solar que atinge o topo da atmosfera terrestre, por segundo e por unidade de área de superfície perpendicular à direção da radiação solar, é a chamada constante solar, cujo valor é cerca de 1367 W m^{-2} . A potência total recebida pela Terra, igual ao produto da constante solar pela área do disco correspondente ao hemisfério iluminado, é $1,74 \times 10^{17} \text{ W}$. Porém, cerca de 30% da energia solar é refletida para o espaço exterior pela atmosfera, pelas nuvens e pela superfície do planeta, absorvendo a Terra anualmente apenas cerca de $3,84 \times 10^{24} \text{ J}$. Esta energia acabará por ser devolvida ao espaço exterior, sob a forma de radiação infravermelha.

F. Duarte Santos, *Que Futuro? Ciência, Tecnologia, Desenvolvimento e Ambiente*, Gradiva, 2007 (adaptado)

2.1. De acordo com o texto, qual é o albedo médio da Terra?

2.2. Verifique, a partir da informação fornecida no texto, que a energia solar absorvida anualmente pela Terra é cerca de $3,84 \times 10^{24} \text{ J}$.

Apresente todas as etapas de resolução.

2.3. Qual é a relação entre a potência da radiação absorvida pelo planeta Terra e a potência da radiação emitida pelo planeta Terra para o espaço?

2.4. Justifique a afirmação seguinte.

O comprimento de onda da radiação de máxima intensidade emitida pelo Sol é muito inferior ao comprimento de onda da radiação de máxima intensidade emitida pela Terra.

3. A maior parte da luz do Sol que incide na superfície lunar é absorvida, sendo o albedo médio da Lua de apenas 11%.

Depois da Lua, Vénus é o astro mais brilhante no céu noturno, uma vez que a espessa camada de nuvens que o envolve reflete grande quantidade da luz proveniente do Sol. A atmosfera de Vénus é constituída por cerca de 97% de dióxido de carbono e por uma pequena percentagem de nitrogénio, com vestígios de vapor de água, hélio e outros gases. A temperatura à superfície chega a atingir $482 \text{ }^\circ\text{C}$, porque o dióxido de carbono e o vapor de água atmosféricos se deixam atravessar pela luz visível do Sol, mas não deixam escapar a radiação infravermelha emitida pelas rochas da sua superfície.

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

3.1. Identifique o efeito descrito no último período do texto, que também ocorre na atmosfera da Terra, embora em menor extensão.

3.2. O albedo da Lua é _____ ao de Vénus, uma vez que a superfície da Lua _____ grande parte da radiação solar incidente e a atmosfera de Vénus _____ a maior parte dessa radiação.

(A) superior ... absorve ... absorve

(B) inferior ... absorve ... reflete

(C) superior ... absorve ... reflete

(D) inferior ... reflete ... absorve

4. 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 a radiação que nos chega do Sol tem uma intensidade, ao nível da órbita da Terra, de 1367 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 intensidade média de radiação solar – $1500 \text{ kW h m}^{-2} \text{ ano}^{-1}$. Tomando este valor e uma eficiência de conversão de 15%, possível com a tecnologia atual, chegamos a uma área necessária de cerca de 200 km^2 – aproximadamente 20 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)

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

4.2. A intensidade média da radiação solar, em Portugal, expressa em 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) $\frac{1500 \times 3,6 \times 10^6}{365 \times 24 \times 3600} \text{ W m}^{-2}$

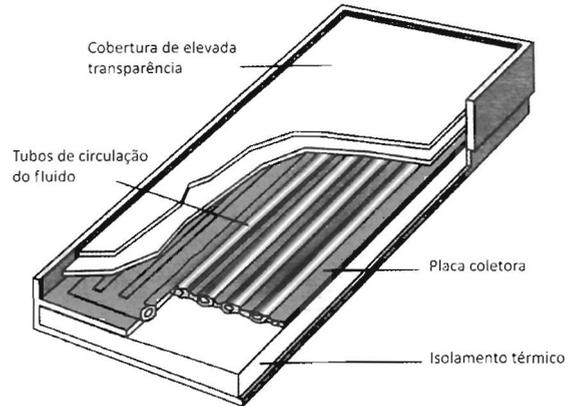
(D) $\frac{1500 \times 3600}{3,6 \times 10^6 \times 365 \times 24} \text{ W m}^{-2}$

4.3. A intensidade da radiação solar ao nível da órbita da Terra é de 1367 W m^{-2} , a chamada constante solar.

Indique como varia a intensidade da radiação solar até à superfície da Terra, referindo dois fatores, dos apresentados no texto, que justificam essa variação.

- 4.4. 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.

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



- 4.5. 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.

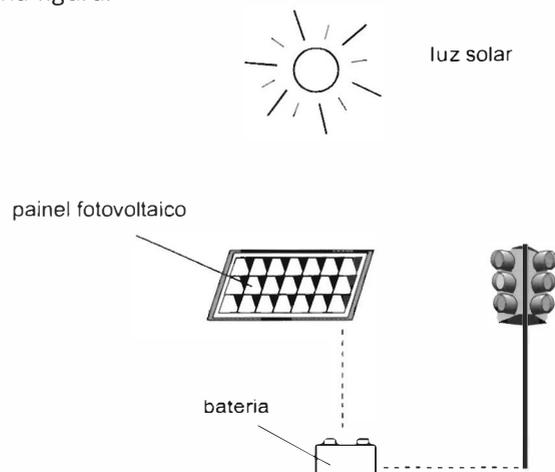
- (A) condutividade térmica ... superior
 (B) condutividade térmica ... inferior
 (C) capacidade térmica mássica ... inferior
 (D) capacidade térmica mássica ... superior

- 4.6. 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.

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



- 5.1. 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.

- 5.2. 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

6. 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 potência média da radiação solar incidente é 600 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) $(600 \times 0,50 \times 0,10) \text{ W}$

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

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

- 7.1. Para que a intensidade média da radiação solar incidente 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 m^2 .
(B) perpendicular à direção da radiação incidente, e terá que ter uma área de 1 m^2 .
(C) paralelo à direção da radiação incidente, e terá que ter uma área de 1 m^2 .
(D) paralelo à direção da radiação incidente, e poderá ter uma área diferente de 1 m^2 .

- 7.2. Admita que o satélite está equipado com um conjunto de painéis fotovoltaicos, adequadamente orientados, de rendimento médio 20% e de área total 12 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.

8. Os coletores solares térmicos são dispositivos que permitem aproveitar o efeito térmico da radiação que nos chega do Sol.

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.

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

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

9.1. Sob que forma foi transferida a energia do Sol para a lata?

9.2. 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.

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

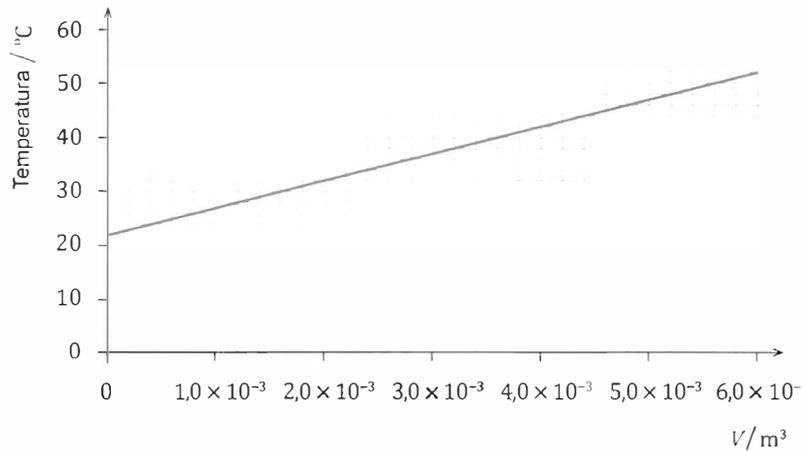
Verificou-se que, ao fim de 90 min de exposição, a temperatura do refrigerante tinha aumentado $16,5^\circ\text{C}$.

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

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

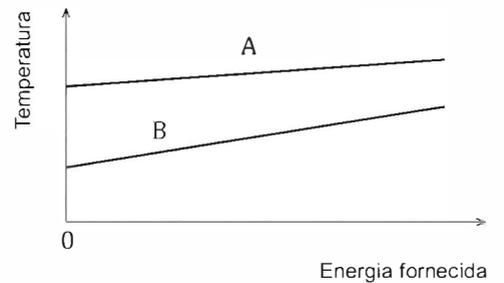


Determine o rendimento do processo de aquecimento dessa amostra de água.

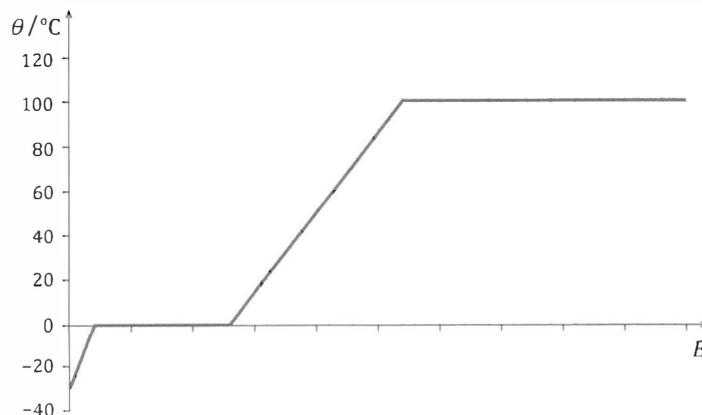
Apresente todas as etapas de resolução.

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

11. 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
12. A água é a única substância que coexiste na Terra nas três fases (sólida, líquida e gasosa).
- 12.1. A figura representa o gráfico teórico que traduz o modo como varia a temperatura, θ , 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.

- 12.2.** A tabela seguinte apresenta os valores da energia que foi necessário fornecer a diversas amostras de água na fase sólida, à temperatura de fusão e a pressão constante, para que elas fundissem completamente.

Massa das amostras / kg	Energia fornecida / J
0,552	$1,74 \times 10^5$
0,719	$2,64 \times 10^5$
1,250	$4,28 \times 10^5$
1,461	$4,85 \times 10^5$
1,792	$6,16 \times 10^5$

O gráfico da energia fornecida às amostras de água, em função da massa dessas amostras, permite determinar a energia necessária à fusão de uma unidade de massa de água.

Obtenha o valor dessa energia, expresso em J kg^{-1} , a partir da equação da reta que melhor se ajusta ao conjunto de valores apresentado na tabela.

Utilize a calculadora gráfica.

Apresente o resultado com três algarismos significativos.

- 12.3.** 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 ΔT_A e ΔT_B as variações de temperatura sofridas pelas amostras A e B, ΔT_B será igual a

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

- 12.4.** 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.

- 13.** 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.

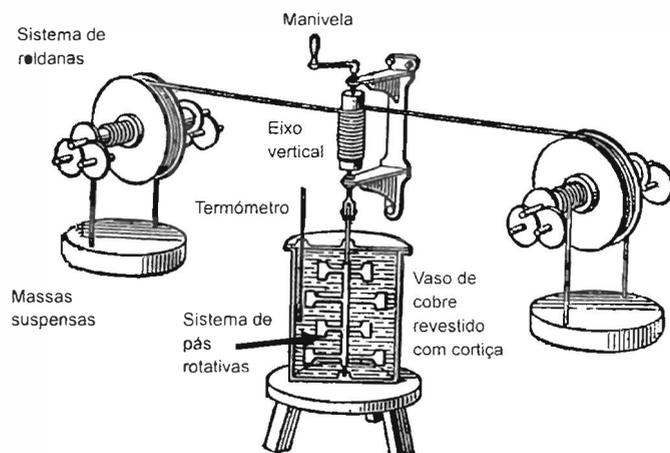
Mas quão elevado é o calor de vaporização da água? Se aquecermos uma determinada massa de água, inicialmente a 0 °C, poderá demorar, por exemplo, 5 minutos a atingir o ponto de ebulição. Se continuarmos a fornecer energia, à mesma taxa temporal, a essa mesma massa de água, demorará cerca de 20 minutos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

- 13.1.** Indique, com dois algarismos significativos, o calor (ou variação de entalpia) de vaporização da água, a partir da informação dada no texto.
- 13.2.** 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.
- 14.** Uma cafeteira com água previamente aquecida foi abandonada sobre uma bancada até a água ficar à temperatura ambiente.
- Conclua, justificando, se a taxa temporal de transferência de energia como calor, através das paredes da cafeteira, aumentou, diminuiu ou se manteve constante, desde o instante em que se abandonou a cafeteira com água sobre a bancada até ao instante em que a água ficou à temperatura ambiente.
- 15.** 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.

16. 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 termómetro 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.

- 16.1. Por que motivo o vaso de cobre utilizado na experiência foi revestido com cortiça?
- 16.2. Indique a incerteza de leitura associada à medição da temperatura com o termómetro utilizado pelos alunos.
- 16.3. 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.

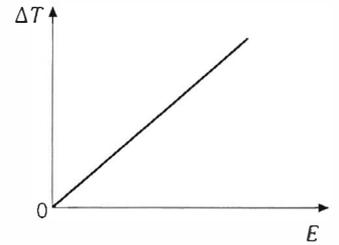
$$c \text{ (capacidade térmica mássica da água)} = 4,18 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ °C}^{-1}$$

17. 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.

- 17.1. 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.

- 17.2. A figura representa um esboço do gráfico da variação da temperatura, ΔT , 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) $m c$ (C) $\frac{m}{c}$ (D) $\frac{1}{m c}$

- 17.3. 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.

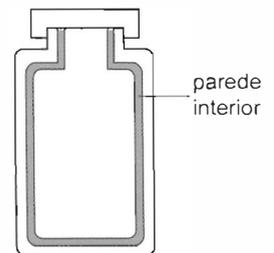
Considere que o rendimento do processo de aquecimento foi 70%.

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

Apresente todas as etapas de resolução.

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

18. 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.

19. 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.

20. 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.

20.1. Para fabricar esse recipiente, deve escolher-se um material que tenha

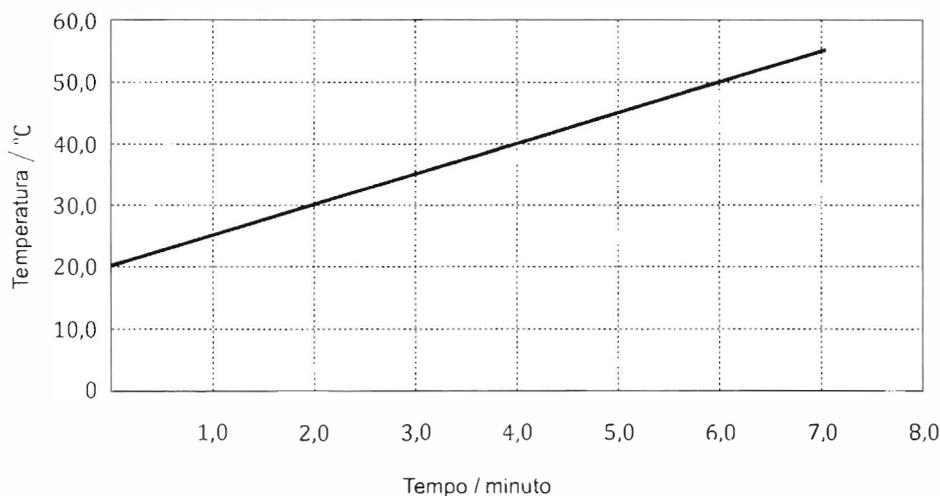
- (A) elevada capacidade térmica mássica e elevada condutividade térmica.
- (B) elevada capacidade térmica mássica e baixa condutividade térmica.
- (C) baixa capacidade térmica mássica e elevada condutividade térmica.
- (D) baixa capacidade térmica mássica e baixa condutividade térmica.

20.2. 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.



21. O metano pode ser usado como combustível no aquecimento de um bloco de chumbo.

21.1. Admita que o bloco de chumbo se encontra inicialmente à temperatura de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A essa temperatura, o bloco

- (A) emite um conjunto de radiações que constitui um espectro descontínuo.
- (B) emite radiação de uma única frequência.
- (C) não emite qualquer radiação.
- (D) emite um conjunto de radiações que constitui um espectro contínuo.

21.2. Na tabela seguinte, estão registadas as elevações de temperatura, $\Delta\theta$, do bloco de chumbo, de massa 3,2 kg, em função da energia, E , que lhe é fornecida.

E / J	$\Delta\theta / ^\circ\text{C}$
$8,0 \times 10^2$	2,05
$1,6 \times 10^3$	3,85
$2,4 \times 10^3$	5,85
$3,2 \times 10^3$	7,95
$4,0 \times 10^3$	9,85

Determine a capacidade térmica mássica do chumbo.

Comece por apresentar a equação da reta que melhor se ajusta ao conjunto de valores apresentados na tabela, referente ao gráfico da elevação de temperatura do bloco de chumbo, em função da energia que lhe é fornecida (utilize a calculadora gráfica).

Apresente todas as etapas de resolução.

22. 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 (ou calor) 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 (ou calor) de fusão do metal.

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

Ponto de fusão / $^\circ\text{C}$	660
Capacidade térmica mássica (a 25°C) / $\text{J kg}^{-1} ^\circ\text{C}^{-1}$	897
Variação de entalpia (ou calor) de fusão / J kg^{-1}	$4,0 \times 10^5$

Considere que uma barra de alumínio, de massa 700 g e, inicialmente, a $25,0^\circ\text{C}$, é aquecida.

- 23.1. Que energia é necessário fornecer à barra, para que a sua temperatura aumente de $25,0^\circ\text{C}$ para $27,0^\circ\text{C}$?

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

- 23.2. Considere que a área e a emissividade da superfície da barra se mantêm constantes, durante o aquecimento.

Quantas vezes é que a potência da radiação emitida pela superfície da barra à temperatura de 200 °C (473 K) é superior à potência da radiação emitida pela superfície da barra à temperatura de 25 °C (298 K)?

- (A) Cerca de 1,6 vezes.
- (B) Cerca de 6,3 vezes.
- (C) Cerca de 8,0 vezes.
- (D) Cerca de $4,1 \times 10^3$ vezes.

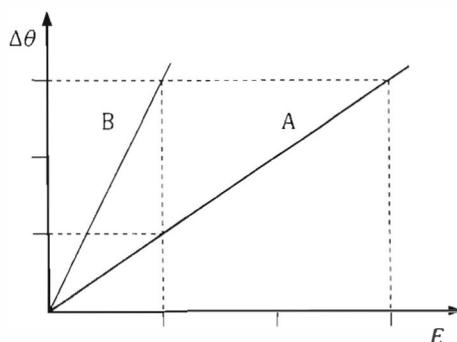
23.3. Admita que é transferida energia para a barra de alumínio considerada a uma taxa temporal constante de 1,1 kW.

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.

24. Os metais, como por exemplo o cobre, são, em geral, bons condutores térmicos e elétricos.

24.1. 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) $m_A = \frac{1}{3} m_B$

24.2. Uma resistência térmica de cobre de 500 W foi introduzida num recipiente com 500 g de água a 20 °C.

24.2.1. Determine o intervalo de tempo durante o qual a resistência deve estar ligada, para que a temperatura final da água seja 90 °C, considerando que toda a energia fornecida pela resistência é absorvida pela água.

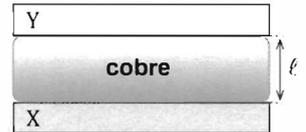
Apresente todas as etapas de resolução.

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

24.2.2. A transferência de energia entre a resistência térmica e a água processa-se essencialmente por _____, sendo a energia transferida sob a forma de _____.

- (A) condução ... radiação
- (B) convecção ... calor
- (C) convecção ... radiação
- (D) condução ... calor

25. A placa de cobre, maciça e homogénea, de espessura ℓ , 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 .



25.1. Identifique o mecanismo de transferência de energia como calor entre as placas X e Y, através da placa de cobre.

25.2. Identifique a propriedade física que permite distinguir bons e maus condutores de calor.

25.3. Se a placa de cobre for substituída por outra, idêntica, mas com metade da espessura, a energia transferida por unidade de tempo, entre as placas X e Y,

- (A) reduz-se a $\frac{1}{2}$.
- (B) quadruplica.
- (C) duplica.
- (D) reduz-se a $\frac{1}{4}$.

25.4. A placa X encontra-se a uma temperatura _____ à temperatura da placa Y, sendo o comprimento de onda da radiação mais intensa emitida pela placa X _____ do que o comprimento de onda da radiação mais intensa emitida pela placa Y.

- (A) superior ... maior
- (B) inferior ... menor
- (C) superior ... menor
- (D) inferior ... maior

26. 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.

27. A condutividade térmica de um metal A é cerca do dobro da condutividade térmica de um metal B. Admita que uma barra do metal A e uma barra do metal B têm igual comprimento e igual área de secção reta. A barra do metal A é sujeita a uma taxa temporal de transferência de energia como calor que é o dobro da taxa a que é sujeita a barra do metal B.

Comparando a diferença de temperatura registada entre as extremidades da barra do metal A, ΔT_A , e a diferença de temperatura registada entre as extremidades da barra do metal B, ΔT_B , num mesmo intervalo de tempo, será de prever que

- (A) $\Delta T_A = 2 \Delta T_B$ (B) $\Delta T_A = \frac{1}{4} \Delta T_B$
 (C) $\Delta T_A = \Delta T_B$ (D) $\Delta T_A = 4 \Delta T_B$

28. Os astronautas da missão Apollo 15 implantaram sensores que permitiram medir, num dado local, os valores de condutividade térmica da camada mais superficial da Lua (camada A) e de uma camada mais profunda (camada B). Esses valores encontram-se registados na tabela seguinte.

Camada	Condutividade térmica / $\text{mW m}^{-1} \text{K}^{-1}$
A	1,2
B	10

Comparando porções das camadas A e B, de igual área e submetidas à mesma diferença de temperatura, mas, sendo a espessura da camada B dupla da espessura da camada A, é de prever que a taxa temporal de transmissão de energia como calor seja cerca de

- (A) 2 vezes superior na camada B.
 (B) 4 vezes superior na camada B.
 (C) 8 vezes superior na camada B.
 (D) 16 vezes superior na camada B.
29. 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.
30. Através das janelas de vidro simples, há transferência de energia entre o exterior e o interior de uma habitação, sob a forma de calor, por condução.

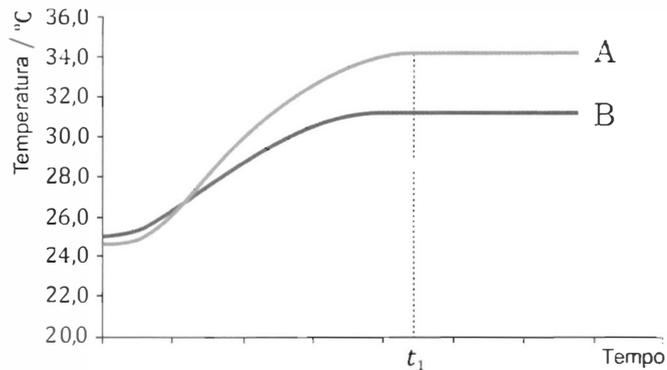
- 30.1. A sala de uma casa tem uma janela de vidro simples que dá para o exterior da habitação. O vidro dessa janela, de condutividade térmica $0,8 \text{ W m}^{-1} \text{K}^{-1}$, tem 1,5 m de altura, 1,2 m de largura e 5,0 mm de espessura.

Qual das expressões seguintes permite calcular a energia transferida, sob a forma de calor, através do vidro dessa janela, em cada segundo, se a diferença de temperatura entre o exterior da habitação e o interior da sala for 10 °C?

- (A) $\left(0,8 \times \frac{1,5 \times 1,2}{5,0 \times 10^{-3}} \times (10 + 273)\right) \text{ J}$
- (B) $\left(0,8 \times \frac{1,5 \times 1,2}{5,0 \times 10^{-3}} \times 10\right) \text{ J}$
- (C) $\left(0,8 \times \frac{1,2 \times 5,0 \times 10^{-3}}{1,5} \times (10 + 273)\right) \text{ J}$
- (D) $\left(0,8 \times \frac{1,2 \times 5,0 \times 10^{-3}}{1,5} \times 10\right) \text{ J}$

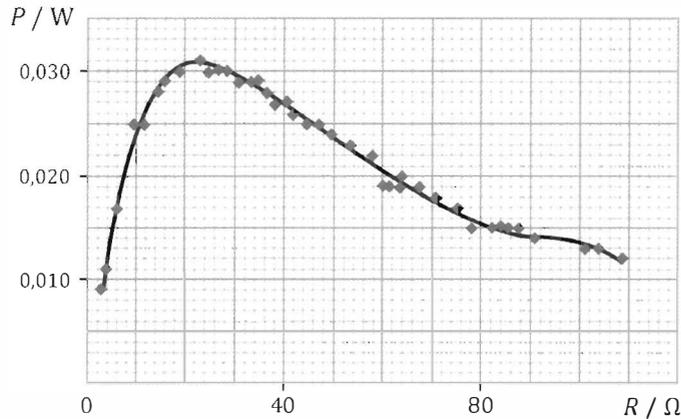
- 30.2.** Explique o facto de a condutividade térmica dos gases ser, geralmente, muito inferior à dos sólidos.
- 31.** Um crescente número de pessoas procura as saunas por razões de saúde, de lazer e de bem-estar.
- 31.1.** Numa sauna, a temperatura constante, uma pessoa sentada num banco de madeira 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.
- 31.2.** 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.
- 31.3.** Quando se planeou a construção da sauna, um dos objetivos era que a temperatura da sauna diminuísse o mais lentamente possível depois de se desligar o aquecedor.
- Esse objetivo pode ser alcançado _____ a espessura das paredes e escolhendo um material, para a construção das paredes, com _____ condutividade térmica.
- (A) aumentando ... alta
- (B) diminuindo ... baixa
- (C) aumentando ... baixa
- (D) diminuindo ... alta

- 32.** Para comparar o poder de absorção de energia, sob a forma de radiação, de superfícies diferentes, um grupo de alunos usou uma lâmpada de 100 W e duas latas idênticas, A e B, mas pintadas com tintas diferentes. Os alunos iluminaram as latas com a lâmpada e registraram a evolução da temperatura do ar contido em cada lata, até a temperatura estabilizar. Com os dados obtidos, construíram o gráfico representado na figura.



- 32.1.** Analise a atividade laboratorial realizada pelos alunos, elaborando um texto no qual aborde os seguintes tópicos:
- justificação da utilização, na experiência, de uma lâmpada de potência elevada, em vez de uma lâmpada de baixa potência;
 - identificação do material que os alunos tiveram de utilizar para medir os valores necessários à construção do gráfico representado na figura;
 - discussão da necessidade de as condições iniciais da experiência serem, ou não, semelhantes para as duas latas.
- 32.2.** A partir do instante t_1 , a temperatura do ar no interior da lata A mantém-se constante, porque
- (A) as taxas de absorção e de emissão de energia são nulas.
 (B) o módulo da taxa de absorção de energia é superior ao módulo da taxa de emissão.
 (C) o módulo da taxa de absorção de energia é inferior ao módulo da taxa de emissão.
 (D) os módulos das taxas de absorção e de emissão de energia são iguais.
- 32.3.** Com base nos resultados experimentais, conclui-se que a superfície da lata A
- (A) absorve melhor a radiação, enquanto a da lata B emite melhor a radiação.
 (B) absorve melhor a radiação, enquanto a da lata B reflete melhor a radiação.
 (C) emite melhor a radiação, enquanto a da lata B absorve melhor a radiação.
 (D) reflete melhor a radiação, enquanto a da lata B absorve melhor a radiação.

33. 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, R , introduzida pelo reóstato. Com os resultados obtidos, os alunos construíram o gráfico representado na figura.



- 33.1. 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 intensidade de corrente no circuito.
 - (C) o intervalo de tempo durante o qual o painel esteve ligado.
 - (D) a resistência introduzida pelo reóstato.
- 33.2. Indique o valor da resistência introduzida pelo reóstato para o qual a potência fornecida ao circuito é máxima.
- 33.3. Admita que, em cada ensaio, a lâmpada esteve ligada durante 2,0 minutos, fornecendo ao painel uma energia de 36 J.
- Determine o rendimento do painel fotovoltaico quando o reóstato introduz uma resistência de 40 Ω no circuito.
- Apresente todas as etapas de resolução.
- 33.4. 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.
- 33.5. 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, α , definidos pela direção em que se encontrava o painel e pela direção da radiação incidente.

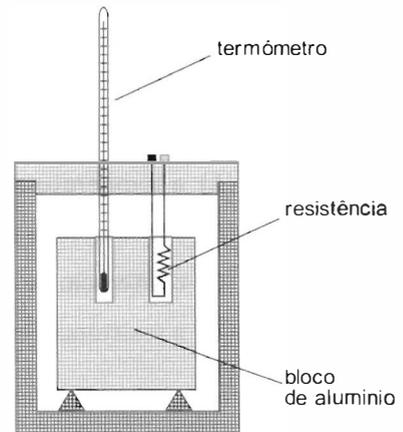
$\alpha / ^\circ$	P / W
90	$1,41 \times 10^{-2}$
80	$1,39 \times 10^{-2}$
70	$1,37 \times 10^{-2}$
60	$1,07 \times 10^{-2}$
50	$7,88 \times 10^{-3}$

O que se pode concluir a partir destes resultados experimentais?

34. Para determinar a capacidade térmica mássica do alumínio, formaram-se três grupos de alunos, tendo cada grupo trabalhado com um bloco de alumínio com 500 g de massa, colocado numa caixa isoladora (ver figura).

Cada bloco tem duas cavidades, numa das quais se colocou um termómetro, e na outra uma resistência eléctrica de 60 W de potência, ligada a uma fonte de alimentação.

Cada grupo mediu a temperatura inicial do bloco, θ_{inicial} . Após a fonte de alimentação ter estado ligada durante 60,0 s, cada grupo mediu a temperatura final do bloco, θ_{final} . Os valores medidos estão registados na tabela seguinte.



Grupo	$\theta_{\text{inicial}} / ^\circ\text{C}$	$\theta_{\text{final}} / ^\circ\text{C}$
1	16,5	24,6
2	17,0	24,9
3	16,8	25,0

Admita que toda a energia fornecida pela resistência eléctrica é transferida para o bloco de alumínio.

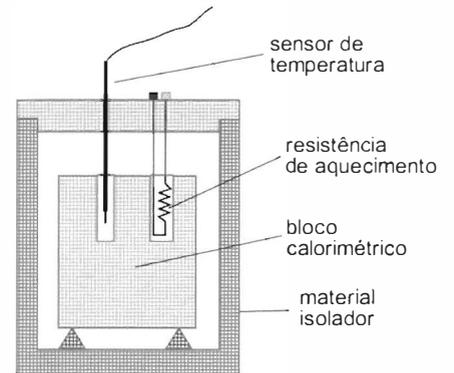
Com base nos dados da tabela, calcule o valor mais provável da capacidade térmica mássica do alumínio.

Apresente todas as etapas de resolução.

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.

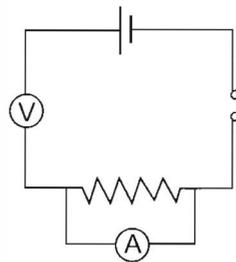
Os alunos começaram por introduzir um sensor de temperatura, ligado a um sistema de aquisição de dados, num dos orifícios de um desses blocos calorimétricos e uma resistência de aquecimento no outro orifício.

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.

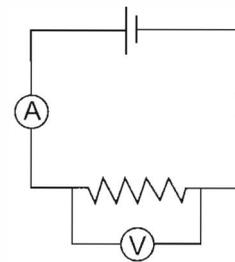


35.1. Qual dos esquemas seguintes pode representar o circuito elétrico montado pelos alunos?

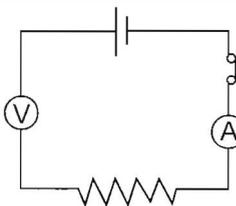
(A)



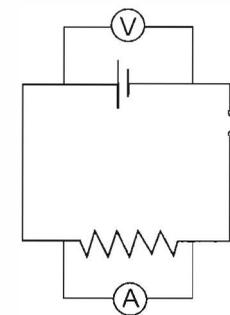
(B)



(C)



(D)

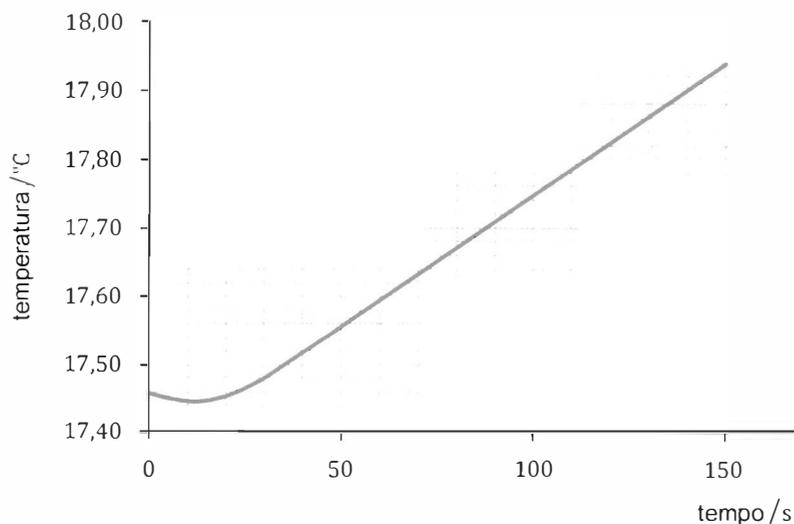


35.2. Os alunos ligaram o interruptor do circuito elétrico e iniciaram, simultaneamente, o registo da temperatura do bloco de cobre em função do tempo.

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.

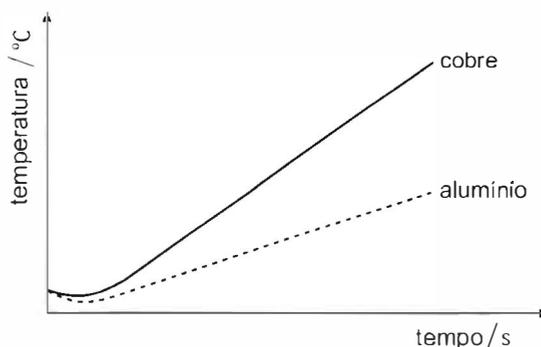


Determine, a partir dos resultados da experiência, o valor da capacidade térmica mássica do cobre.

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.** 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

36.3.2. 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 $11,0\text{ }^\circ\text{C}$, tendo obtido $1,140 \times 10^4$ J.

Calcularam também a energia cedida pela água líquida, inicialmente a $20,0\text{ }^\circ\text{C}$, 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.

UNIDADE 2
Energia em movimentos

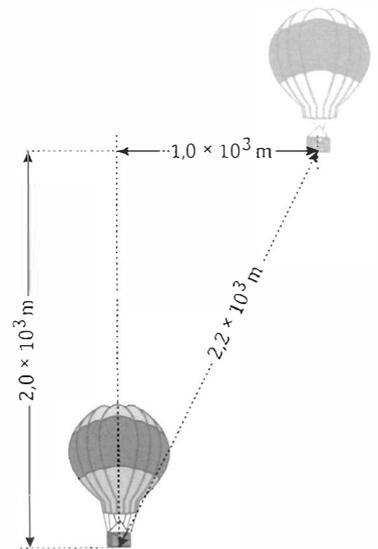
1. Admita que um balão meteorológico sobe na atmosfera, com velocidade constante, de uma posição A para uma posição B.
- 1.1. No deslocamento considerado, o trabalho realizado pela força gravítica que atua no balão é
- (A) positivo e depende do módulo da velocidade do balão.
 - (B) negativo e depende 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.
- 1.2. 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 da unidade 1 da Física de 11.º ano

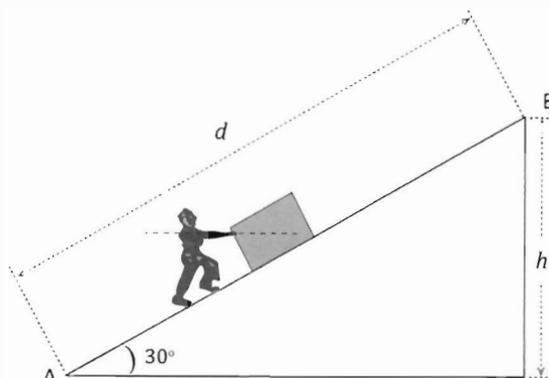
2. A figura representa um balão, de massa m , que subiu $2,0 \times 10^3 \text{ m}$ na vertical e que foi depois desviado pelo vento, deslocando-se $1,0 \times 10^3 \text{ m}$ na horizontal.

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) $W_{\vec{F}_g} = -2,2 \times 10^3 m g$

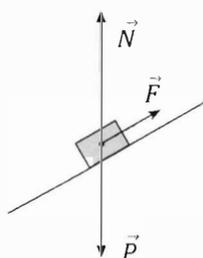


3. Um rapaz empurra, exercendo uma força de intensidade constante e de direção horizontal, um bloco, de massa m , entre as posições A e B do plano inclinado representado na figura. Considere desprezável o atrito entre o bloco e o plano.

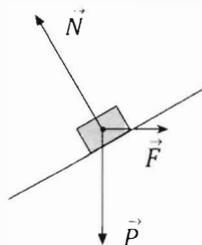


- 3.1. Qual é o diagrama que melhor representa as forças aplicadas no centro de massa do bloco?

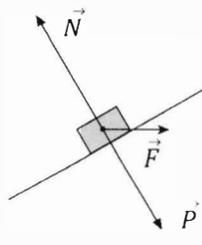
(A)



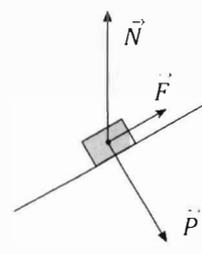
(B)



(C)



(D)



- 3.2. Qual das expressões seguintes permite calcular o trabalho realizado pelo peso do bloco, \vec{P} , no deslocamento entre as posições A e B?

(A) $W_{\vec{P}} = -m g h \cos 30^\circ$

(B) $W_{\vec{P}} = -m g d \cos 30^\circ$

(C) $W_{\vec{P}} = -m g d$

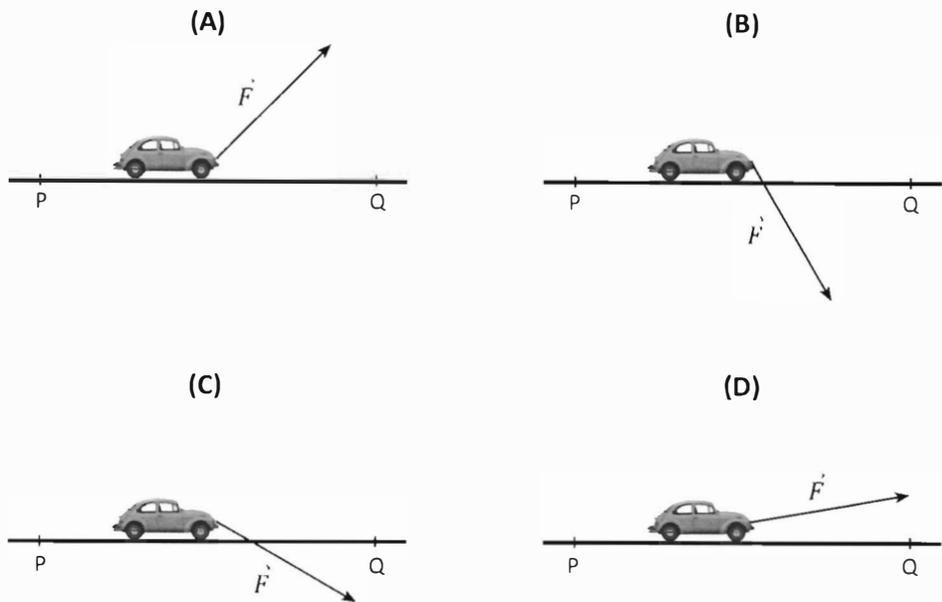
(D) $W_{\vec{P}} = -m g h$

4. 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.

- 4.1. No movimento considerado, o trabalho realizado pelo peso do carrinho é nulo, porque o peso

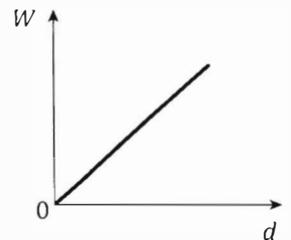
- (A) tem direção perpendicular ao deslocamento do carrinho.
 (B) é uma força conservativa.
 (C) é anulado pela força de reação normal exercida pelo plano.
 (D) tem intensidade constante.

- 4.2. Em qual das situações seguintes é maior, para o deslocamento considerado, a energia transferida para o carrinho, por ação da força representada?



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 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 da unidade 1 da Física de 11.º ano

- 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.

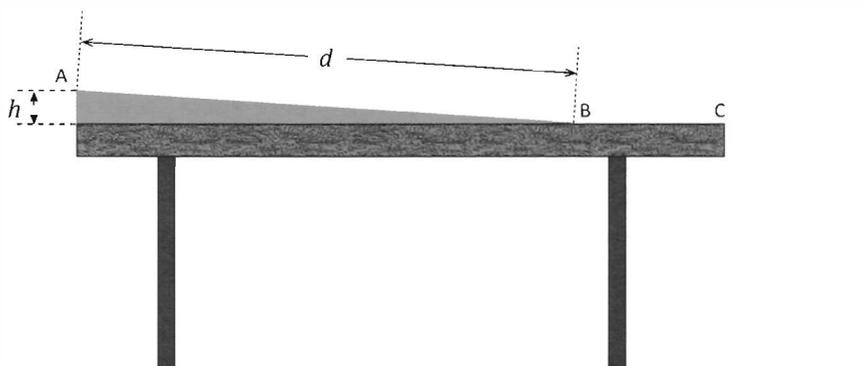
8.4. Explique porque é que, nas montanhas-russas reais, «depois de abandonado, o carrinho nunca atingirá a altura do ponto de partida».

9. 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.



9.1. 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) $W = - m g h$

9.2. 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) $W = \frac{1}{2} m v_B^2$

9.3. 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.

9.4. 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.

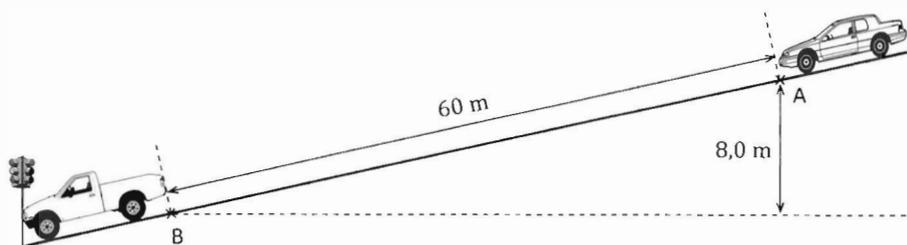
Apresente todas as etapas de resolução.

9.5. 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.

10. Um automóvel, de massa 1200 kg, encontrava-se estacionado no topo 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.



10.1. 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 km h^{-1} .

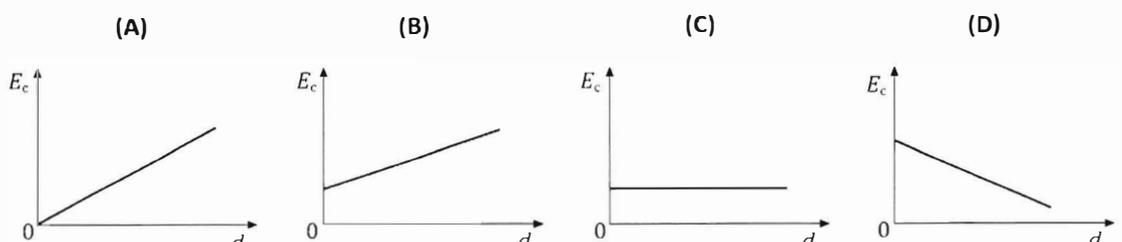
Calcule a energia dissipada pelo sistema *automóvel + Terra*, no percurso considerado.

Apresente todas as etapas de resolução.

10.2. 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) $W = 10 \times 1200 \times 60 \text{ J}$

10.3. 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?



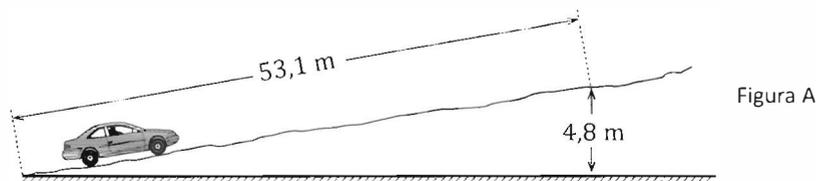
11. Considere um automóvel que, devido a uma falha no sistema de travagem, entra numa escapatória de uma autoestrada com uma velocidade de módulo $25,0 \text{ m s}^{-1}$.

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).

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

A figura não está à escala.



Calcule a intensidade da resultante das forças não conservativas que atuam sobre o automóvel, 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.

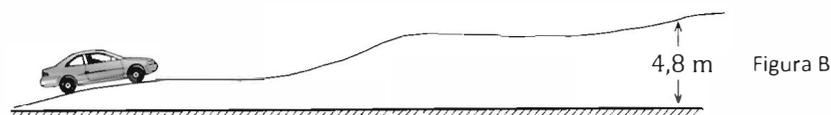
- 11.2. Considere que o automóvel entra na escapatória, nas mesmas condições.

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.

- 11.3. 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 ($4,8 \text{ m}$).

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) $W_A \geq W_B$

12. Um automóvel de massa $1,0 \times 10^3$ kg, inicialmente parado numa estrada horizontal, acelera durante 10 s, sendo a potência fornecida pelo motor 72 cv.

Calcule o módulo da velocidade que o automóvel pode atingir 10 s depois de arrancar, se 15% da energia fornecida pelo motor, nesse intervalo de tempo, for transformada em energia cinética.

Apresente todas as etapas de resolução.

$$1\text{cv} = 750\text{ W}$$

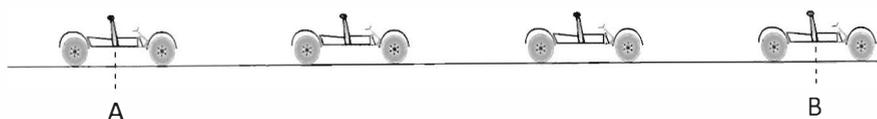
13. Para aumentar a área de superfície lunar suscetível de ser explorada, os astronautas da Apollo 15 usaram um veículo conhecido como jipe lunar.

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. Astronautas de diversas missões Apollo divertiram-se a atirar pequenos objetos, observando a sua trajetória no fraco campo gravítico lunar.

- 14.1. A energia cinética com que o objeto chega ao solo _____ da energia potencial gravítica inicial do sistema *objeto + Lua* e _____ da energia cinética com que o objeto é lançado.

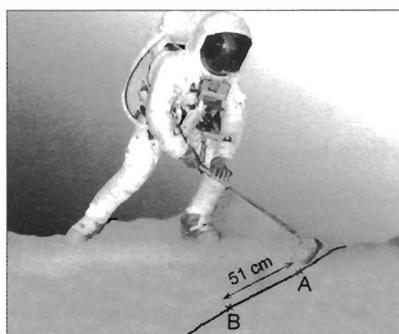
- (A) depende ... não depende
 (B) depende ... depende
 (C) não depende ... depende
 (D) não depende ... não depende

- 14.2. Admita que um astronauta lança um objeto horizontalmente e lança outro, de igual massa, verticalmente para cima, a partir da mesma posição inicial.

Justifique a afirmação seguinte.

O trabalho realizado pelo peso do objeto, entre a posição de lançamento e o solo, é o mesmo nas duas situações (lançamento horizontal e lançamento vertical).

- 14.3. 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 $0,50 \text{ m s}^{-1}$ e parando na posição B, tendo percorrido 51 cm entre estas posições.

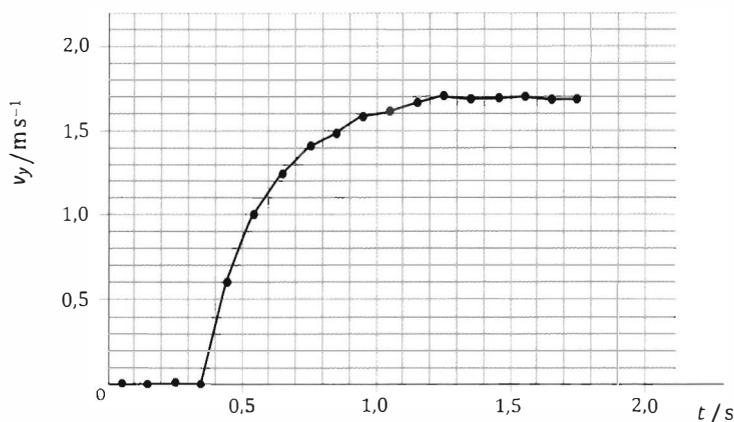


Nesse percurso, a energia potencial gravítica do sistema *amostra + Lua* diminuiu $8,16 \times 10^{-2} \text{ J}$.

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.



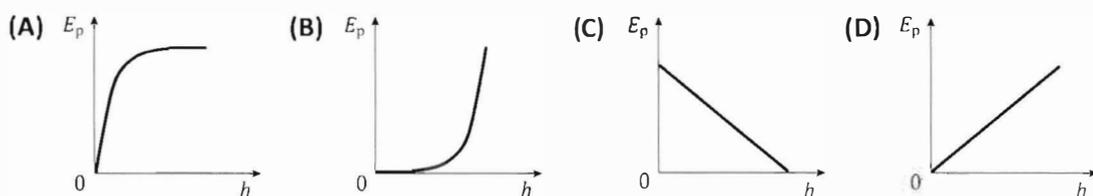
- 15.1. Considere o deslocamento do balão, de massa 4,8 g, no intervalo de tempo [1,3; 1,7] s. Determine o trabalho realizado pelo peso do balão nesse deslocamento. Apresente todas as etapas de resolução.

Nota: item com conteúdos da unidade 1 da Física de 11.º ano

- 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 da unidade 1 da Física de 11.º ano

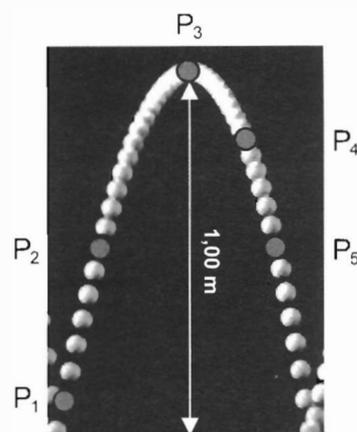
17. Numa fotografia estroboscópica, as sucessivas posições de um objeto são registadas a intervalos de tempo iguais.

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.

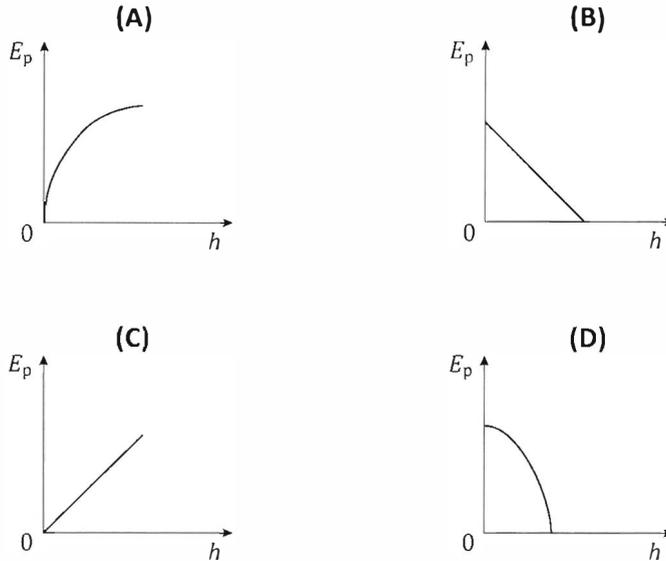
Considere o solo como nível de referência da energia potencial gravítica e a resistência do ar desprezável.



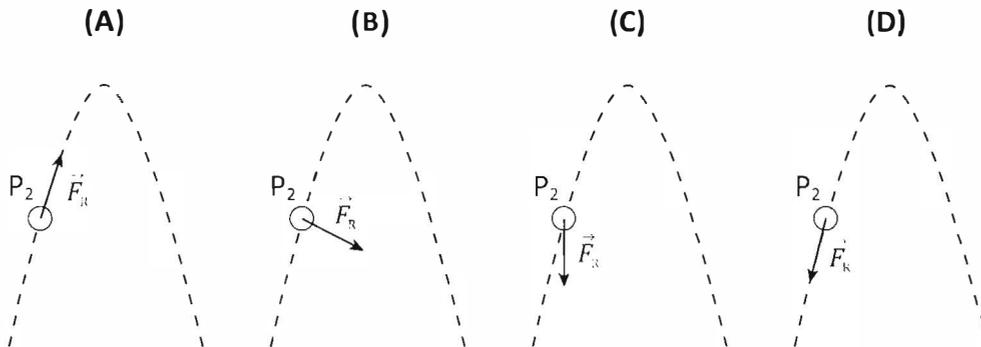
- 17.1. Em qual das seguintes posições, a energia cinética da bola é maior?

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

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

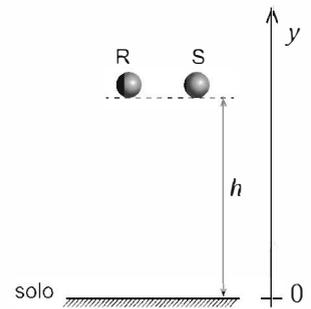
- (A) simétrica do trabalho realizado pelas forças conservativas, entre essas posições.
 (B) igual ao trabalho realizado pela força gravítica, entre essas posições.
 (C) simétrica da variação da energia mecânica, entre essas posições.
 (D) igual à variação da energia potencial gravítica, entre essas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



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

Nota: item da unidade 1 da Física de 11.º ano

18.2. 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.

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

18.3.1. 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

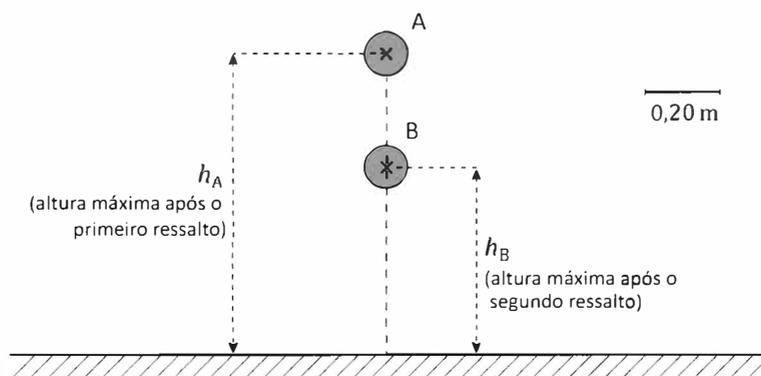
- (A) zero, porque essas posições estão à mesma altura.
- (B) zero, porque o peso é perpendicular ao deslocamento.
- (C) positivo, porque o peso tem a direção do deslocamento.
- (D) positivo, porque essas posições estão a alturas diferentes.

18.3.2. 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.

19. 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).



- 19.1. 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.

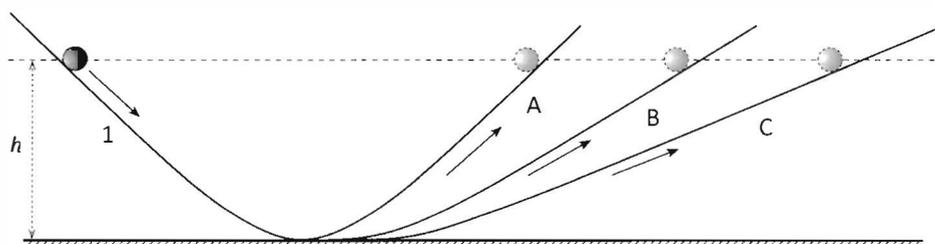
- 19.2. Explique porque é que a altura máxima atingida pela bola após cada ressalto é sucessivamente menor.

20. Galileu idealizou uma experiência em que previu que uma bola, largada de uma determinada altura ao longo de uma rampa sem atrito, rolaria exatamente até à mesma altura numa rampa semelhante colocada em frente da anterior, independentemente do comprimento real da trajetória.

In *Projeto Física Unidade 1*, Fundação Calouste Gulbenkian, 1978, p. 78

A experiência de Galileu está esquematizada na figura, na qual h é a altura de que é largada uma bola de massa 100 g, na rampa 1, e A, B e C correspondem a rampas com inclinações diferentes.

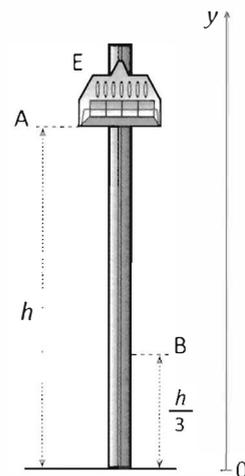
Considere o atrito desprezável em qualquer das rampas.



Calcule o módulo da velocidade da bola quando atinge $\frac{1}{3}$ da altura h , em qualquer das rampas, admitindo que a altura h é igual a 1,5 m.

Apresente todas as etapas de resolução.

21. 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.



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

- 21.1. 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) $E_{pB} = \frac{1}{3} E_{pA}$

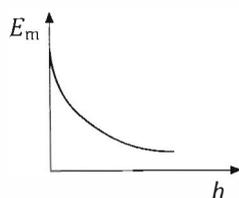
(B) $E_{pB} = 3 E_{pA}$

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

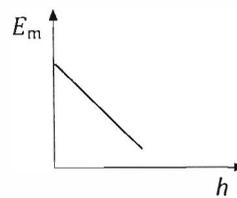
(D) $E_{pB} = \frac{2}{3} E_{pA}$

- 21.2. 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.

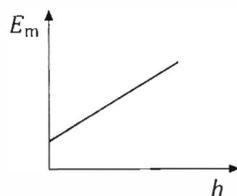
(A)



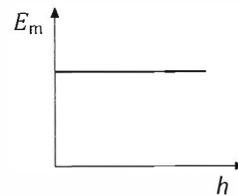
(B)



(C)



(D)

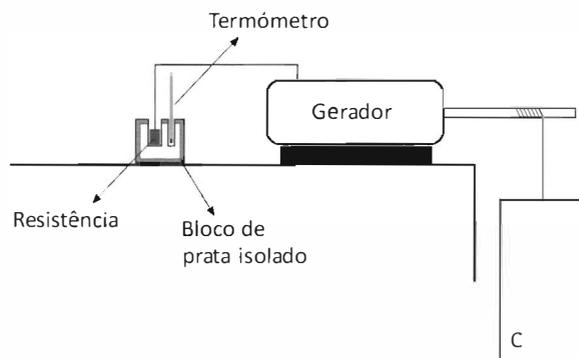


21.3. O trabalho realizado pela força gravítica que atua no conjunto *elevador / passageiros*, durante o seu movimento de queda entre as posições A e B, é

- (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*.

22. As transferências de energia podem ser realizadas com maior ou menor rendimento, consoante as condições em que ocorrem.

Na figura está representado um gerador, que produz corrente elétrica sempre que se deixa cair o corpo C. Admita que a corrente elétrica assim produzida é utilizada para aquecer um bloco de prata, de massa 600 g, nas condições da figura.



Considere que a temperatura do bloco de prata aumenta 0,80 °C quando o corpo C, de massa 8,0 kg, cai 2,00 m.

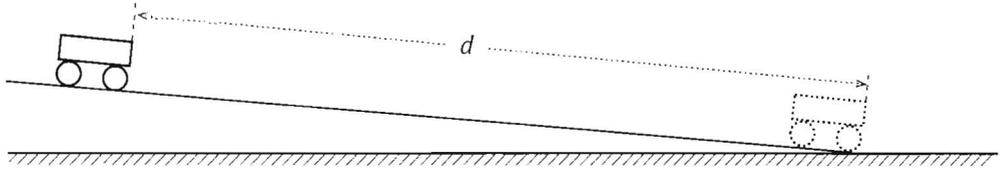
Calcule o rendimento do processo global de transferência de energia.

Apresente todas as etapas de resolução.

$$c \text{ (capacidade térmica mássica da prata)} = 2,34 \times 10^2 \text{ J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Nota: item com conteúdos da unidade 1 da Física de 10.º ano

23. 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.



- 23.1.** 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.

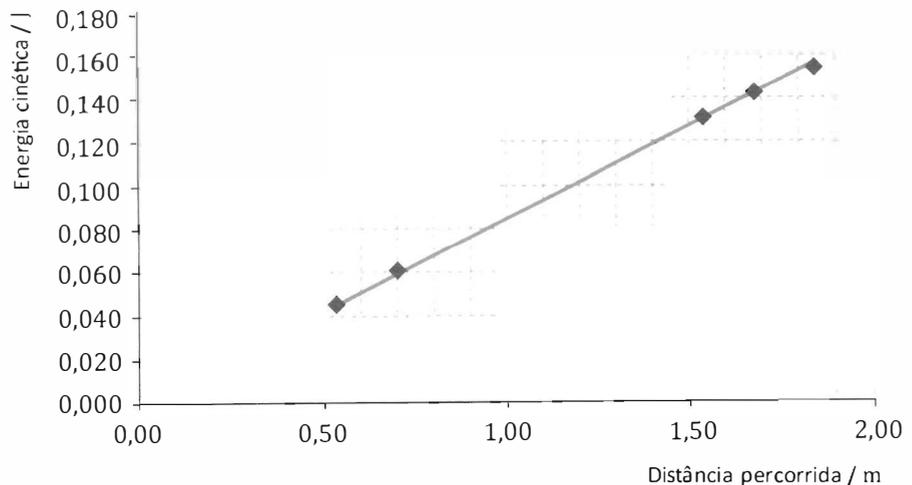
Exprima esse resultado em função do valor mais provável e da incerteza absoluta.

Apresente todas as etapas de resolução.

- 23.2.** 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.

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

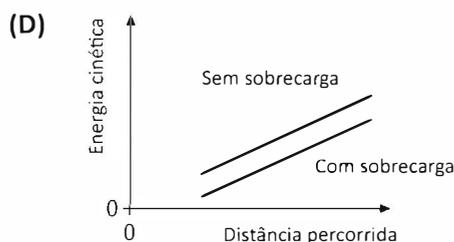
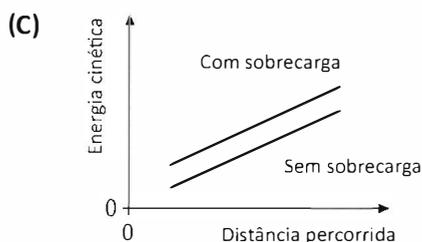
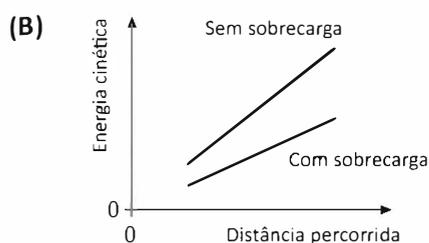
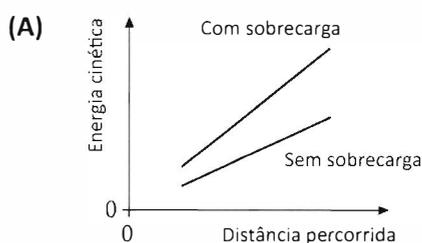
(B) $v = \sqrt{\frac{2 \times 0,180}{0,4570}} \text{ m s}^{-1}$

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

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

23.4. Os alunos repetiram a experiência, colocando uma sobrecarga sobre o carrinho.

Em qual das figuras seguintes se encontram corretamente esboçados os gráficos da energia cinética do carrinho (sem e com sobrecarga) no final da rampa, em função da distância percorrida?



24. Numa aula laboratorial, um grupo de alunos estudou a relação entre a altura de queda de uma bola e a altura máxima por ela atingida, em sucessivos ressaltos. Com esse objetivo, os alunos colocaram a bola sob um sensor de posição, como representado na Figura A, e deixaram-na cair. Com um programa adequado obtiveram, num computador, o gráfico da distância da bola ao solo, em função do tempo, representado na Figura B.

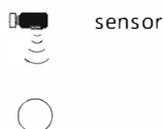


Figura A

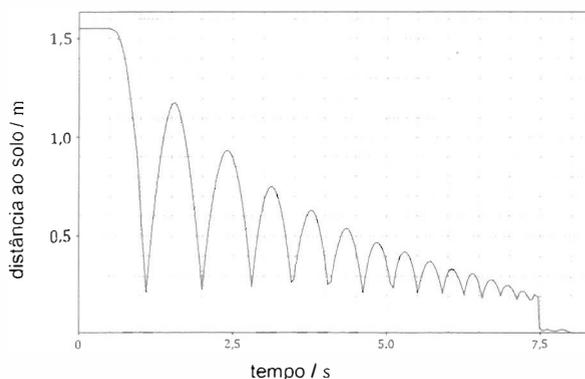


Figura B

Com base no gráfico anterior, os alunos construíram o gráfico da altura máxima atingida pela bola após cada ressalto, em função da altura de queda correspondente, que se encontra representado na figura C.

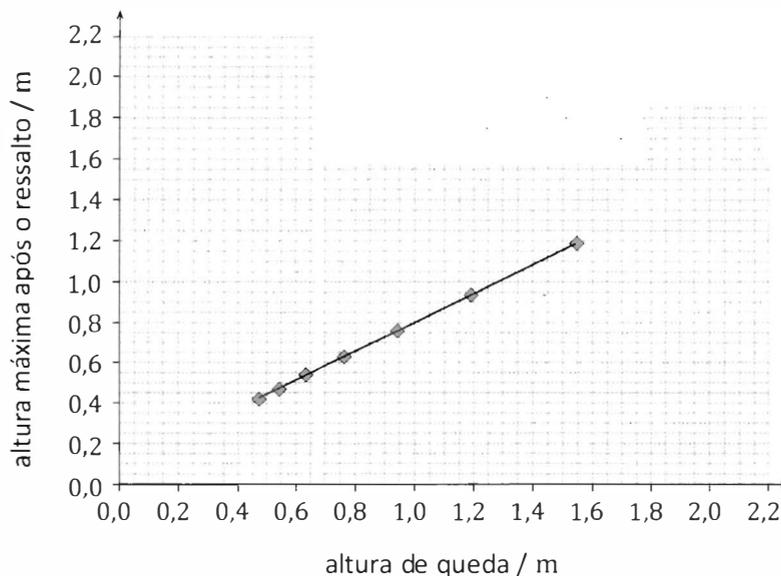


Figura C

- 24.1.** Qual é a forma da trajetória descrita pela bola enquanto esta se encontra no campo de visão do sensor?
- 24.2.** Se os alunos deixarem cair a bola de uma altura de 2,0 m, é previsível que ela atinja, no primeiro ressalto, uma altura de
- (A) 1,6 m.
 (B) 1,5 m.
 (C) 1,4 m.
 (D) 1,3 m.
- 24.3.** Justifique, considerando desprezável a resistência do ar, por que razão, depois de cada ressalto, a bola não sobe até à altura de que caiu.
- 24.4.** O coeficiente de restituição dos materiais em colisão é dado, neste caso, pela razão entre os módulos da velocidade da bola, imediatamente após a colisão, e da velocidade da bola, imediatamente antes dessa colisão:

$$\text{coeficiente de restituição} = \frac{\text{módulo da velocidade, imediatamente após a colisão}}{\text{módulo da velocidade, imediatamente antes da colisão}}$$

Calcule o coeficiente de restituição no primeiro ressalto, considerando a relação entre os módulos das velocidades acima referidas e as alturas de queda e de ressalto da bola.

Apresente todas as etapas de resolução.

25. 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. Os alunos consideraram o solo como nível de referência da energia potencial gravítica.

- 25.1. 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.

- 25.2. O coeficiente de restituição, e , na colisão de uma bola com o solo pode ser calculado pela raiz quadrada do quociente da altura máxima atingida pela bola após um ressalto, $h_{\text{após}}$, e da altura da qual a bola caiu, h_{queda} :

$$e = \sqrt{\frac{h_{\text{após}}}{h_{\text{queda}}}}$$

- 25.2.1. Na tabela seguinte, estão registadas as alturas máximas atingidas, em sucessivos ressaltos, por uma bola que foi inicialmente abandonada a 1,20 m do solo.

Ressalto	Altura máxima atingida após o ressalto, $h_{\text{após}}$ / m
1.º	0,82
2.º	0,56
3.º	0,38
4.º	0,27

Para determinar o coeficiente de restituição, e , na colisão da bola com o solo, comece por apresentar uma tabela, na qual registe, para cada um dos ressaltos, a altura de queda, h_{queda} , e a altura máxima atingida pela bola após o ressalto, $h_{\text{após}}$.

Calcule o coeficiente de restituição, e , na colisão da bola com o solo, a partir da equação da reta que melhor se ajusta ao conjunto de valores registados nessa tabela.

Apresente todas as etapas de resolução.

- 25.2.2.** Os alunos determinaram um coeficiente de restituição de 0,76 na colisão de uma bola X com o solo e um coeficiente de restituição de 0,65 na colisão de uma bola Y com o solo.

Estes resultados permitem concluir que, em cada ressaltado,

- (A) cerca de 76% da energia mecânica do sistema *bola X + Terra* é dissipada na colisão com o solo.
- (B) a energia mecânica inicial é menor no caso do sistema *bola Y + Terra*.
- (C) cerca de 35% da energia mecânica do sistema *bola Y + Terra* é dissipada na colisão com o solo.
- (D) a percentagem da energia mecânica dissipada na colisão com o solo é menor no caso do sistema *bola X + Terra*.
- 26.** Com o objetivo de identificar fatores que influenciam a intensidade da força de atrito que atua sobre um corpo que desliza ao longo de um plano inclinado, um grupo de alunos montou uma prancha, com uma certa inclinação em relação à horizontal.

Os alunos realizaram vários ensaios nos quais abandonaram, sobre o plano inclinado, um paralelepípedo de madeira, tendo, em cada ensaio, efetuado as medições necessárias.

- 26.1.** Em algumas das medições efetuadas, usaram uma fita métrica com uma escala cuja menor divisão é 1 mm.

Qual é a incerteza associada à escala dessa fita métrica?

- 26.2.** Numa primeira série de ensaios, os alunos abandonaram o paralelepípedo em diferentes pontos do plano, de modo que aquele percorresse, até ao final do plano, distâncias sucessivamente menores ($d_1 > d_2 > d_3 > d_4$).

Calcularam, para cada distância percorrida, a energia dissipada e a intensidade da força de atrito que atuou no paralelepípedo.

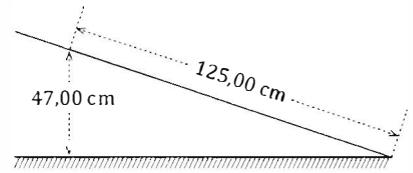
Os valores calculados encontram-se registados na tabela seguinte.

Distância percorrida	Energia dissipada / J	Intensidade da força de atrito / N
d_1	1,578	1,05
d_2	1,305	1,04
d_3	1,052	1,05
d_4	0,593	1,04

O que pode concluir-se acerca da relação entre cada uma das grandezas calculadas e a distância percorrida, apenas com base nos resultados registados na tabela?

26.3. Numa segunda série de ensaios, os alunos colocaram sobrecargas sobre o paralelepípedo e abandonaram esses conjuntos sempre no mesmo ponto do plano.

26.3.1. Admita que os alunos abandonaram os conjuntos *paralelepípedo + sobrecarga* num ponto situado a uma altura de 47,00 cm em relação à base do plano, de modo que esses conjuntos percorressem uma distância de 125,00 cm até ao final do plano, como esquematizado na figura.



Num dos ensaios, usaram um conjunto *paralelepípedo + sobrecarga* de massa 561,64 g, tendo verificado que este conjunto chegava ao final do plano com uma velocidade de módulo $1,30 \text{ m s}^{-1}$.

Calcule a intensidade da força de atrito que atuou sobre o conjunto nesse ensaio.

Apresente todas as etapas de resolução.

26.3.2. Os alunos colocaram sobrecargas sobre o paralelepípedo, para averiguar se a intensidade da força de atrito depende

- (A) da compressão exercida na rampa pelo conjunto *paralelepípedo + sobrecarga*.
- (B) dos materiais de que são constituídos o plano e o paralelepípedo.
- (C) da inclinação da rampa em relação à horizontal.
- (D) do coeficiente de atrito cinético do par de materiais em contacto.

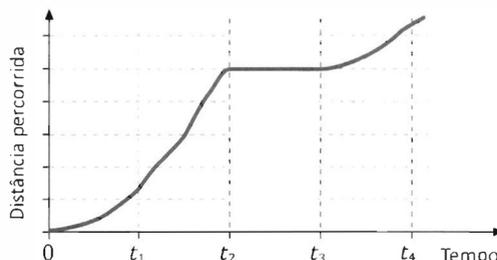
FÍSICA 11.º ANO

UNIDADE 1
Movimentos na Terra
e no Espaço

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).

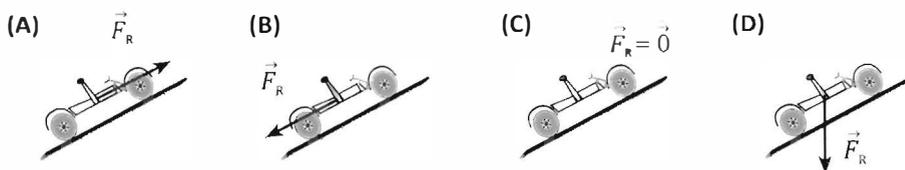
- 1.1. Na figura, encontra-se representado o gráfico da distância percorrida pelo jipe, em função do tempo, num dado percurso.



O gráfico permite concluir que, no intervalo de tempo

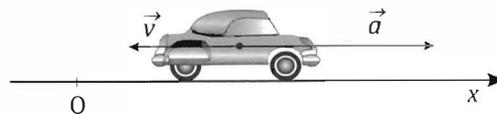
- (A) $[0, t_1]$, o jipe descreveu uma trajetória curvilínea.
 - (B) $[t_1, t_2]$, o jipe inverteu o sentido do movimento.
 - (C) $[t_2, t_3]$, o jipe esteve parado.
 - (D) $[t_3, t_4]$, o jipe se afastou do ponto de partida.
- 1.2. Admita que o jipe sobe, com velocidade constante, uma pequena rampa.

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.

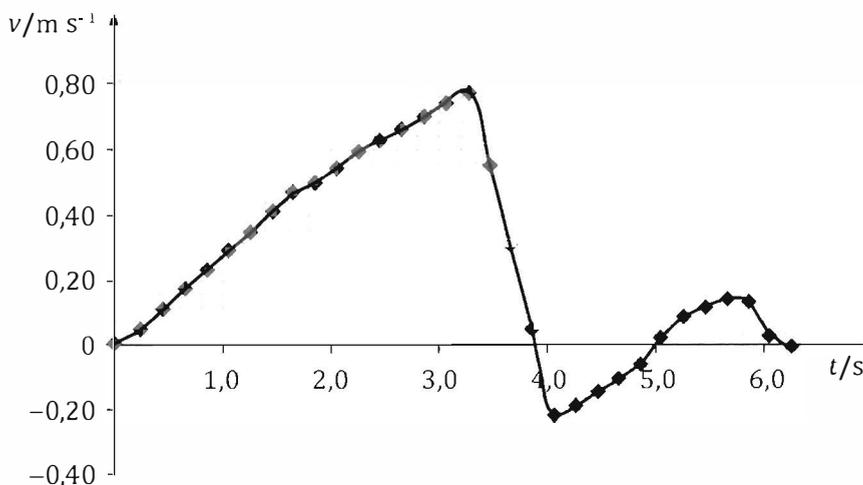
Na figura, estão ainda representados os vetores velocidade, \vec{v} , e aceleração, \vec{a} , num certo instante, t_1 .



- 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.



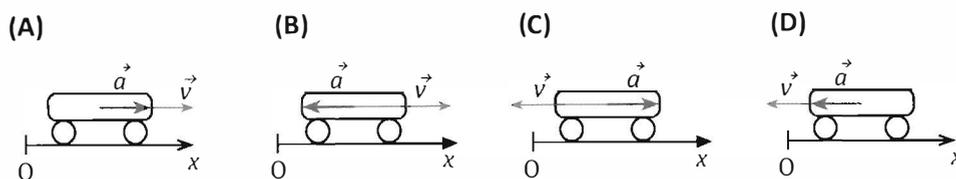
- 3.1. Houve inversão do sentido do movimento do carrinho no intervalo de tempo

- (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.

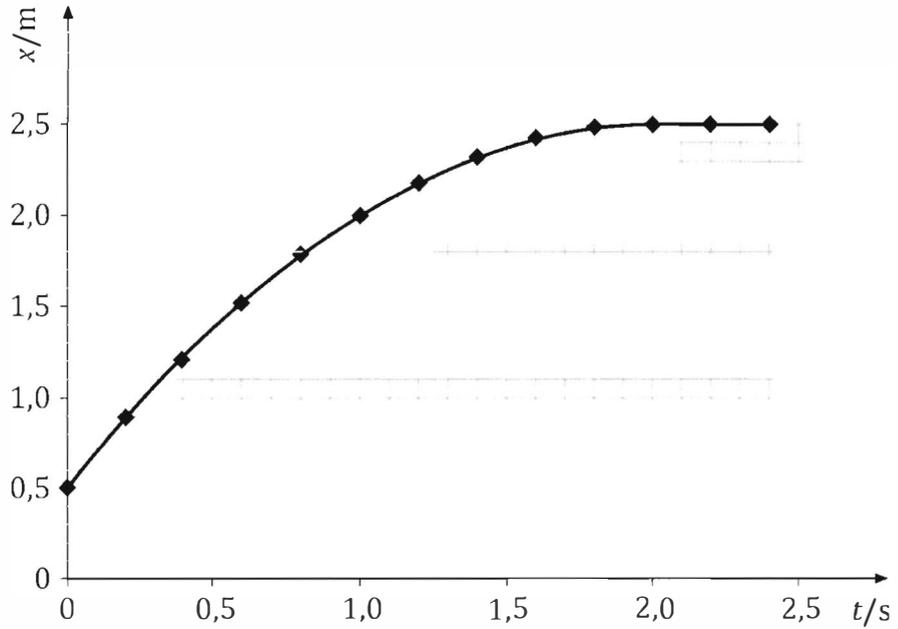
- 3.3. Em qual dos seguintes esquemas se encontram corretamente representados os vetores velocidade, \vec{v} , e aceleração, \vec{a} , no instante $t = 3,4$ s ?



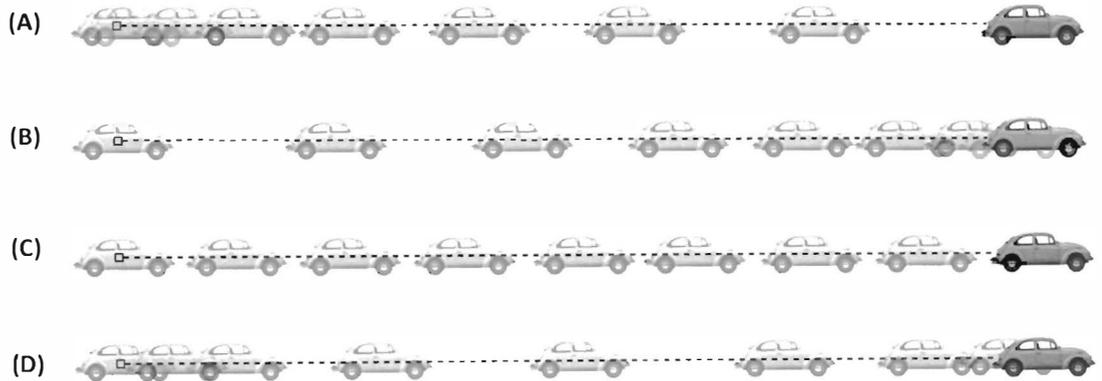
4. Considere um carrinho que se move segundo uma trajetória retilínea e horizontal, coincidente com o eixo Ox de um referencial unidimensional.

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.

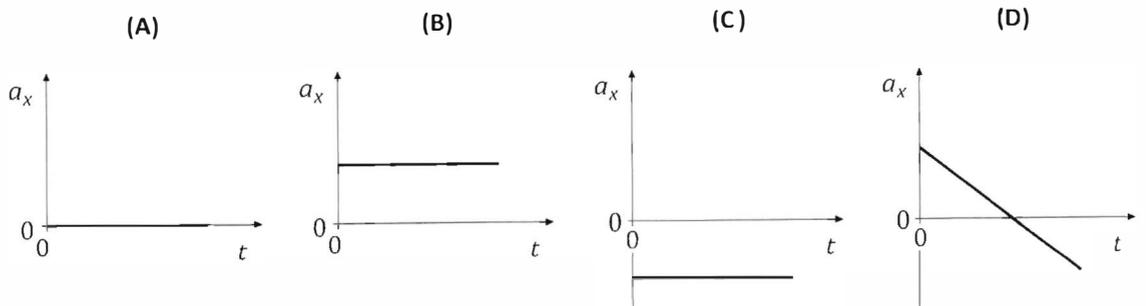
Admita que no intervalo de tempo $[0,0; 2,0]$ s a curva representada é um ramo de parábola.



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 $[0,0; 2,0]\text{ s}$.

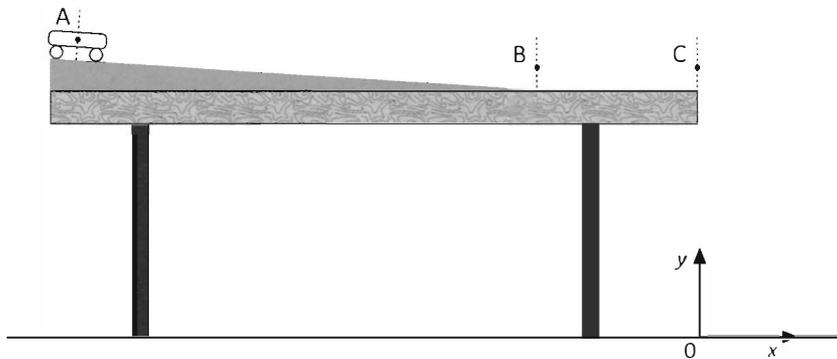
Admita que a resultante das forças não conservativas tem a direção do movimento.

Apresente todas as etapas de resolução.

Nota: item com conteúdos da unidade 2 da Física de 10.º ano

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).



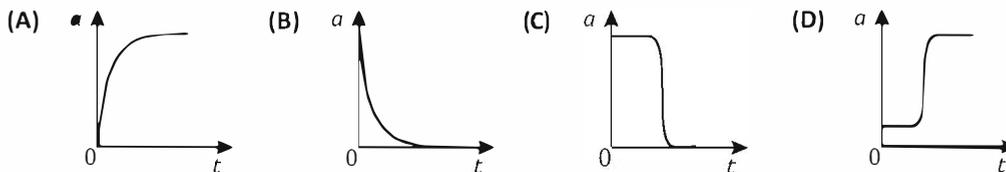
5.1. No percurso AB, o trabalho realizado pelo peso do carrinho é _____, e a variação da energia mecânica do sistema *carrinho + Terra* é _____.

- (A) positivo ... nula
- (B) positivo ... positiva
- (C) nulo ... nula
- (D) nulo ... positiva

Nota: item da unidade 2 da Física de 10.º ano

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?



5.4. Na ausência de um anteparo, o carrinho pode cair ao chegar à posição C, situada a 80 cm do solo.

Determine a componente escalar, segundo o eixo Oy , da velocidade do carrinho, v_y , quando este, caindo da posição C, se encontra a 30 cm do solo.

Recorra exclusivamente às equações do movimento, $y(t)$ e $v_y(t)$.

Apresente todas as etapas de resolução.

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 (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.

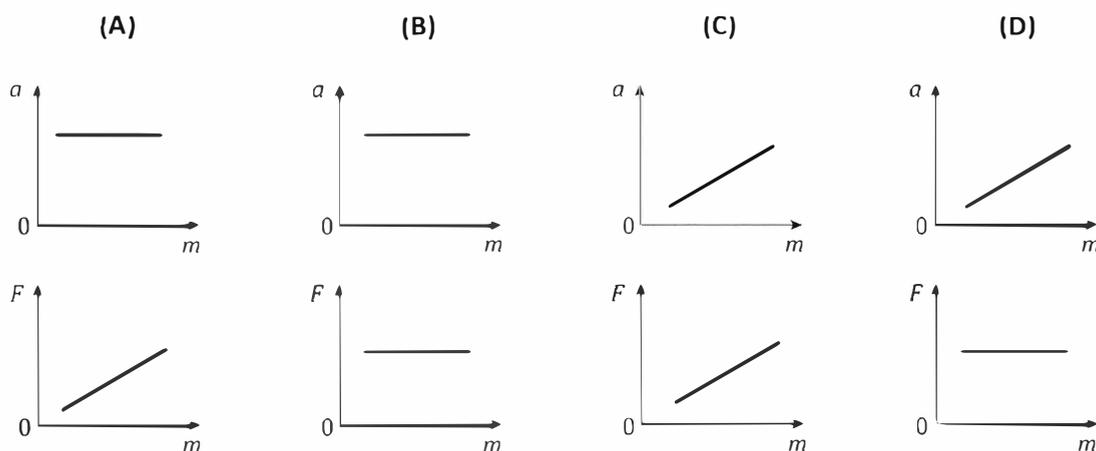
7.2. Considere que a trajetória circular descrita pelo carrinho tem 50,0 cm de diâmetro e que o carrinho demora, em média, 47,6 s a descrever 5 voltas completas.

Determine o módulo da aceleração do carrinho.

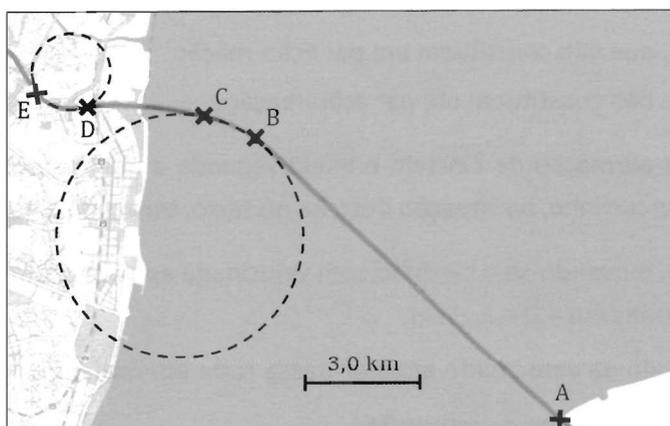
Apresente todas as etapas de resolução.

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 km h^{-1} , ao longo de todo o percurso entre aqueles pontos.



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

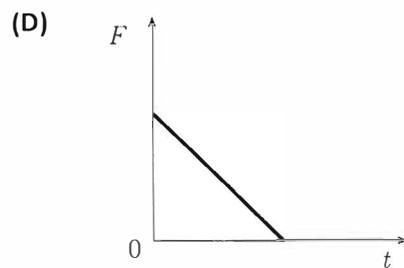
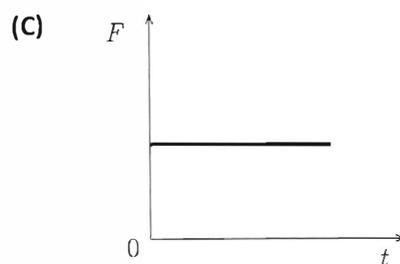
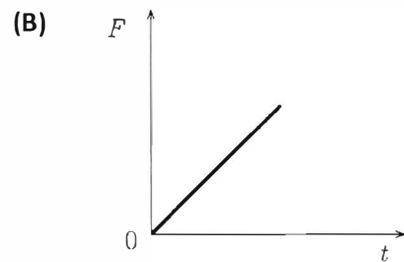
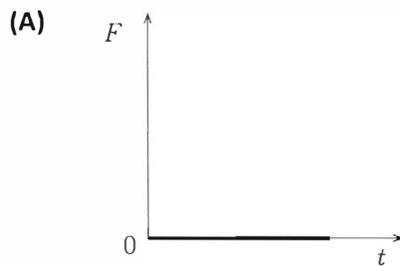
8.1.1. Determine o tempo que o automóvel demora a percorrer esse troço.

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.

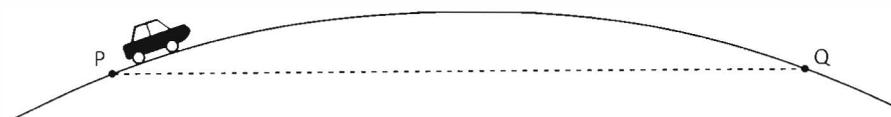


8.2.2. Conclua, justificando, em qual dos troços, BC ou DE, é maior a aceleração do automóvel.

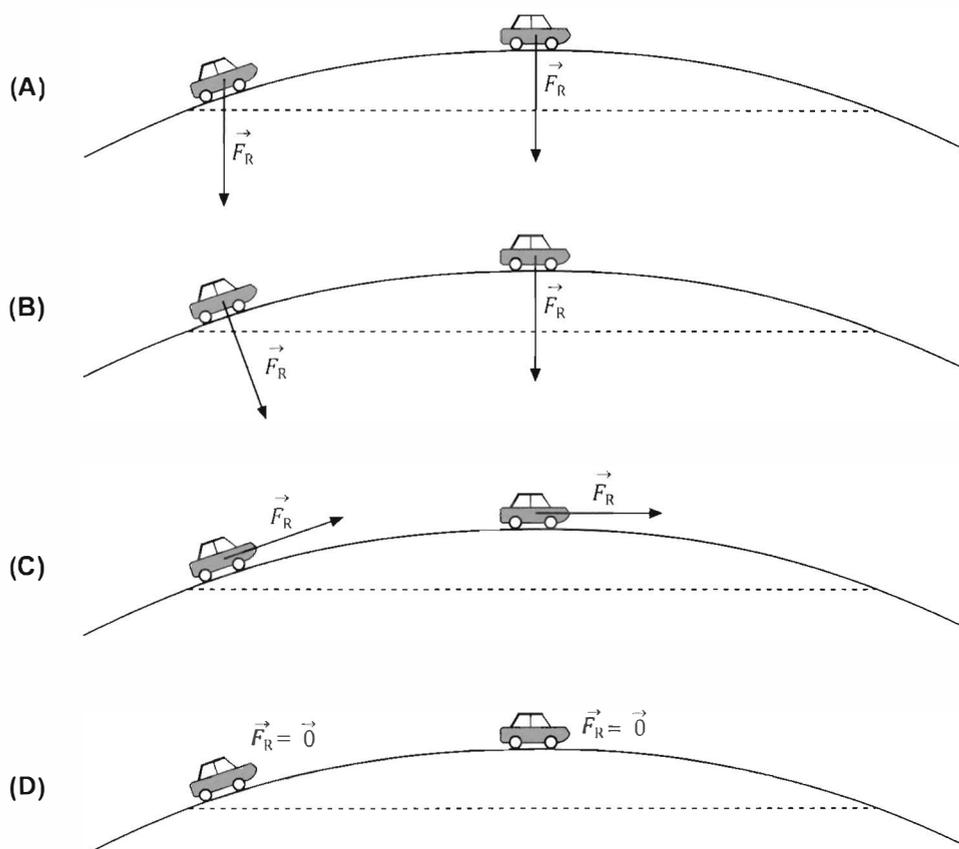
9. Na figura, está representado o perfil de um troço de uma ponte, que se admite formar um arco de circunferência num plano vertical. As posições P e Q estão situadas num mesmo plano horizontal. Sobre essa ponte, desloca-se um automóvel com velocidade de módulo constante.

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 km h^{-1} .

Qual das seguintes expressões permite calcular o tempo, em segundos (s), que o automóvel demora a percorrer o trecho 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 da unidade 2 da Física de 10.º ano

- 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 da unidade 2 da Física de 10.º ano

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.

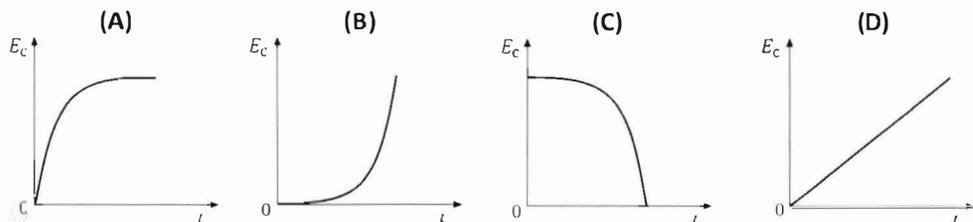
- 10.3. Conclua, justificando, se o trabalho realizado pelo peso de um fruto que cai da árvore para o solo depende da forma da trajetória descrita pelo fruto.

Nota: item da unidade 2 da Física de 10.º ano

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:

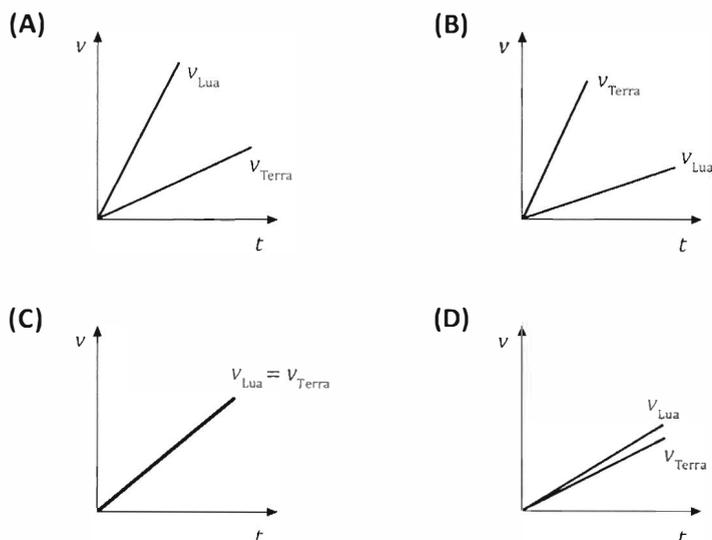
«Se estamos aqui hoje, devemos-lo, entre outros, a Galileu, que fez uma descoberta muito importante acerca da queda dos corpos em campos gravíticos. Considero que não há melhor lugar para confirmar as suas descobertas do que a Lua. Vou, por isso, deixar cair o martelo, que tenho na mão direita, e a pena, 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 da unidade 2 da Física de 10.º ano
- 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, $F_{g\text{Terra}}$, e à superfície da Lua, $F_{g\text{Lua}}$.
- (A) $F_{g\text{Terra}} = \sqrt{\frac{1}{6}} F_{g\text{Lua}}$ (B) $F_{g\text{Terra}} = \sqrt{6} F_{g\text{Lua}}$
 (C) $F_{g\text{Terra}} = \frac{1}{6} F_{g\text{Lua}}$ (D) $F_{g\text{Terra}} = 6 F_{g\text{Lua}}$
- 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) $t_{\text{Lua}} = \frac{1}{6} t_{\text{Terra}}$ (B) $t_{\text{Lua}} = \sqrt{\frac{1}{6}} t_{\text{Terra}}$
 (D) $t_{\text{Lua}} = \sqrt{6} t_{\text{Terra}}$ (D) $t_{\text{Lua}} = 6 t_{\text{Terra}}$

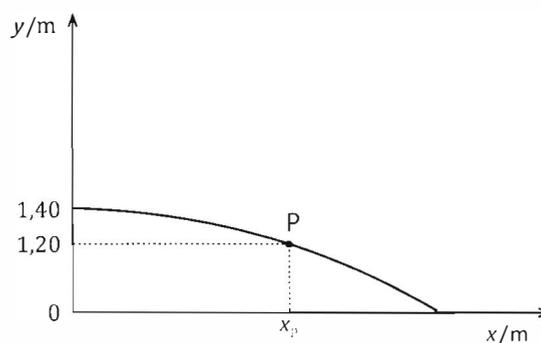
- 12.3.** Selecione o gráfico que traduz o modo como variam os módulos da velocidade de um corpo em movimento de queda livre vertical, próximo da superfície da Lua, v_{Lua} , e próximo da superfície da Terra, v_{Terra} , em função do tempo de queda.



- 12.4.** Astronautas de diversas missões Apollo divertiram-se a atirar pequenos objetos, observando a sua trajetória no fraco campo gravítico lunar.

Admita que um desses astronautas lançou, horizontalmente, um pequeno objeto, de uma posição situada a uma altura de 1,40 m em relação ao solo lunar, com uma velocidade inicial de módulo $3,0 \text{ m s}^{-1}$.

Na figura, está representada a trajetória desse objeto, assim como um referencial bidimensional, cuja origem se considera situar-se ao nível do solo.



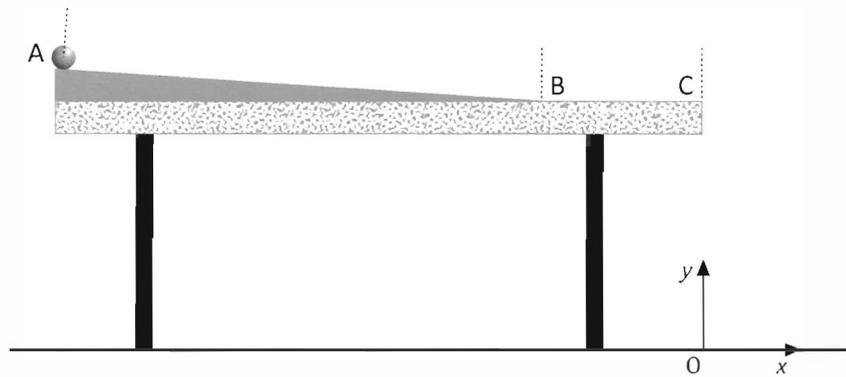
Determine a coordenada x_p desse objeto quando este se encontra na posição P, situada a 1,20 m acima do solo.

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

Apresente todas as etapas de resolução.

- 13.** A figura (que não está à escala) representa uma calha inclinada, montada sobre uma mesa. Uma pequena esfera de aço é abandonada na posição A, percorrendo a distância sobre a calha até à posição B. Seguidamente, a esfera move-se sobre o tampo da mesa, entre as posições B e C, caindo depois para o solo.

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



13.1. Identifique as forças que atuam na esfera no percurso entre as posições B e C, indicando, para cada uma dessas forças, onde está aplicada a força que com ela constitui um par ação-reação.

Considere desprezáveis as forças dissipativas no percurso entre as posições B e C.

13.2. Considere que a altura do tampo da mesa em relação ao solo é regulável e que a montagem foi dimensionada de modo que o módulo da velocidade da esfera no ponto C seja $2,5 \text{ m s}^{-1}$.

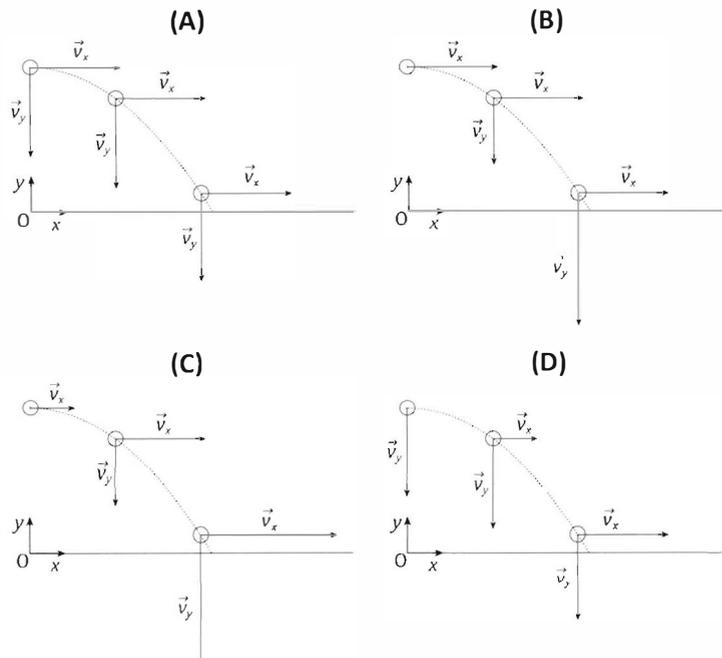
Determine a altura máxima a que o tampo da mesa se deverá encontrar em relação ao solo para que o alcance da esfera não seja superior a $1,0 \text{ m}$.

Recorra exclusivamente às equações $y(t)$ e $x(t)$, que traduzem o movimento da esfera, considerando o referencial bidimensional representado na figura.

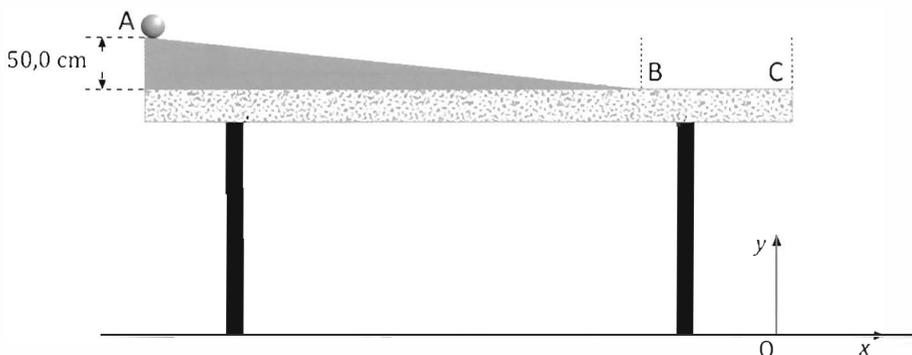
Apresente todas as etapas de resolução.

13.3. Considere a trajetória da esfera no seu movimento de queda.

Em qual dos seguintes esquemas se encontram corretamente representadas as componentes da velocidade da esfera, \vec{v}_x e \vec{v}_y , nas posições assinaladas?



14. A figura (que não está à escala) representa uma calha inclinada, montada sobre uma mesa. Uma esfera de aço, de massa 30,0 g, é abandonada na posição A, situada a uma altura de 50,0 cm em relação ao tampo da mesa. Depois de percorrer a calha, a esfera move-se sobre o tampo da mesa, entre as posições B e C, caindo seguidamente para o solo.
- Considere desprezável a força de resistência do ar e admita que a esfera pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).



- 14.1. Admita que a energia dissipada é desprezável no trajeto entre as posições A e C e que a esfera atinja a posição C com velocidade de módulo v_C .

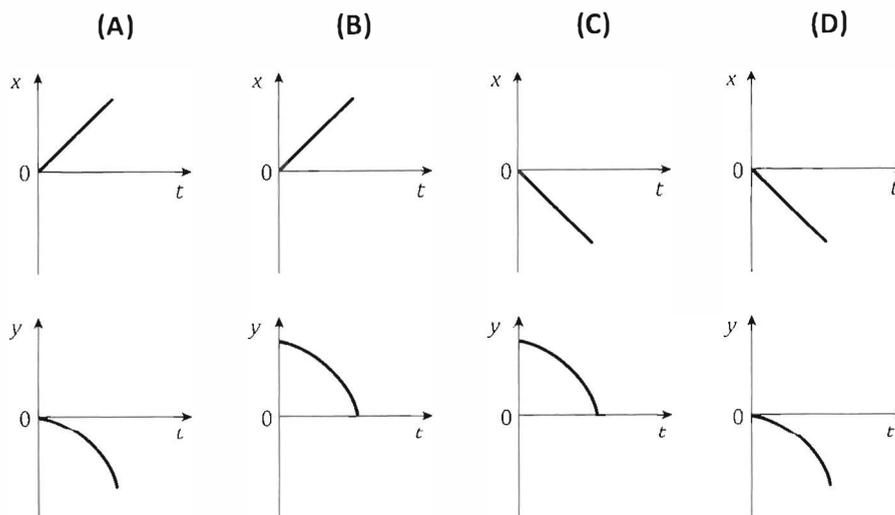
Para que a esfera atinja a posição C com velocidade de módulo $2v_C$, deverá ser abandonada numa posição situada a uma altura, em relação ao tampo da mesa, de

- (A) 100 cm. (B) 140 cm.
 (C) 200 cm. (D) 280 cm.

Nota: item da unidade 2 da Física de 10.º ano

- 14.2. Considere o trajeto da esfera entre a posição C e o solo e, nesse trajeto, as componentes escalares da posição da esfera, x e y , em relação ao referencial bidimensional xOy , representado na figura.

Qual das opções seguintes apresenta os esboços dos gráficos da componente x e da componente y da posição da esfera, em função do tempo, t ?



14.3. Considere agora duas situações distintas.

- Situação I: a energia dissipada é desprezável no trajeto entre as posições A e C;
- Situação II: a energia dissipada não é desprezável no trajeto entre as posições A e C.

Conclua, justificando, em qual das situações (I ou II) será maior o alcance da esfera.

14.4. Calcule a energia dissipada no trajeto entre as posições A e C, se a esfera passar na posição C com velocidade de módulo $2,8 \text{ m s}^{-1}$.

Apresente todas as etapas de resolução.

Nota: item da unidade 2 da Física de 10.º ano

15. 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 / m	t / s	t^2 / 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

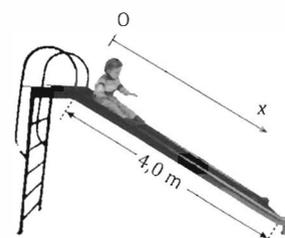
Calcule o módulo da aceleração da bola, no movimento considerado, a partir da equação da reta que melhor se ajusta ao conjunto dos valores de d e de t^2 registados na tabela.

Apresente todas as etapas de resolução.

16. 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).

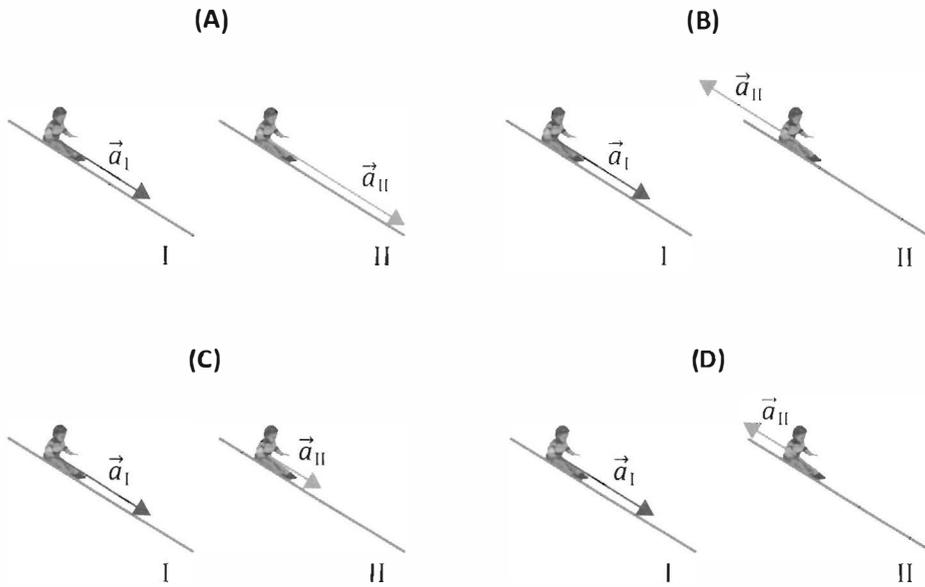


16.1. Considere duas situações distintas:

- 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 ?



16.2. 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.

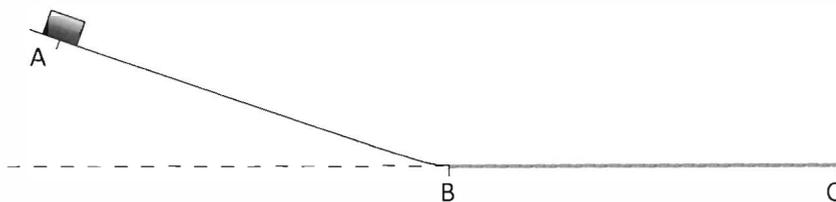
Apresente todas as etapas de resolução.

17. 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.

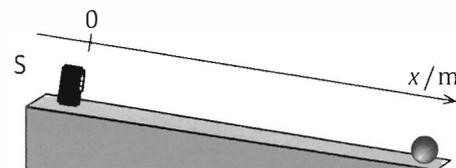


Determine o módulo da aceleração do paralelepípedo, no percurso BC, admitindo que a aceleração se mantém constante ao longo desse percurso.

Apresente todas as etapas de resolução.

Nota: item com conteúdos da unidade 2 da Física de 10.º ano

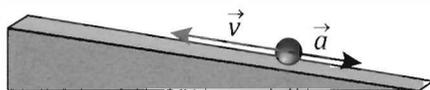
18. A figura representa um plano inclinado, no topo do qual se colocou um sensor de movimento, S. Uma pequena bola foi lançada de modo a subir o plano, segundo uma trajetória retilínea com a direção do eixo Ox do referencial unidimensional representado na figura.



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?

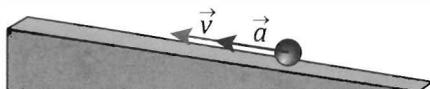
(A)



(B)



(C)



(D)



- 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 da unidade 2 da Física de 10.º ano

- 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

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

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 ($t = 0$ s) até ao instante em que, sobre o plano, a bola inverteu o sentido do movimento.

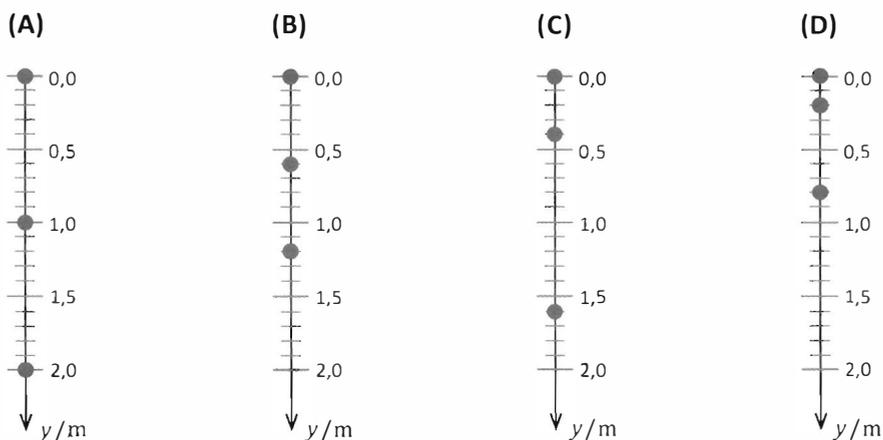
Utilize a calculadora gráfica.

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. 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?

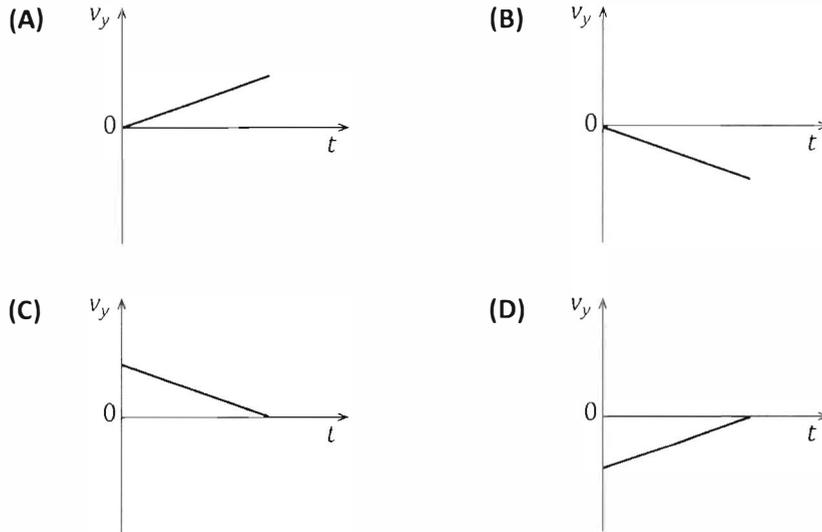


20. Uma bola é abandonada de uma certa altura em relação ao solo, caindo verticalmente em condições nas quais a resistência do ar pode ser considerada desprezável.

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.

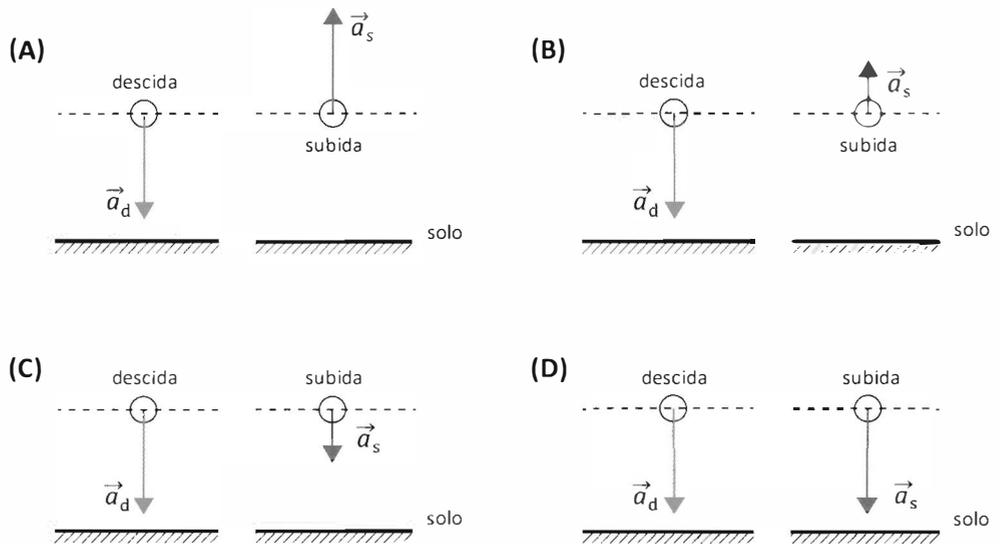
20.1. Qual é o esboço do gráfico que pode representar a componente escalar da velocidade da bola, v_y , em relação ao referencial considerado, em função do tempo, t , desde o instante em que é abandonada até chegar ao solo?



20.2. 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?



20.3. Admita que, após ressaltar no solo, a bola inicia a subida com uma velocidade de módulo $4,0 \text{ m s}^{-1}$.

Apresente o gráfico (obtido com a calculadora gráfica) da componente escalar, segundo o eixo Oy , da posição, y , da bola em função do tempo, t , desde o instante em que a bola inicia a subida ($t = 0 \text{ s}$) até ao instante em que inverte o sentido do movimento.

Na sua resposta, deve:

- apresentar a equação $y(t)$, que traduz o movimento da bola após o ressalto no solo;
- reproduzir o gráfico, obtido com a calculadora, relativo ao intervalo de tempo considerado, indicando no gráfico:

- as grandezas representadas e as respectivas unidades;
- as coordenadas dos pontos que correspondem ao instante em que a bola inicia a subida e ao instante em que a bola inverte o sentido do movimento.

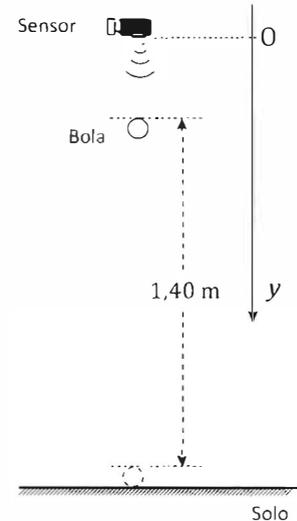
21. A figura (que não está à escala) representa uma pequena bola, colocada sob um sensor de movimento, e um referencial unidimensional de eixo vertical, Oy .

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

21.1. A bola foi abandonada, no instante $t = 0\text{ s}$, 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

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



21.1.1. Apresente o gráfico da componente escalar da posição, y , da bola em função do tempo, t , desde o instante em que a bola foi abandonada até ao instante em que atingiu o solo.

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 respectivas unidades;
- as coordenadas dos pontos que correspondem ao instante em que a bola foi abandonada e ao instante em que a bola atingiu o solo.

21.1.2. 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

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

21.2. 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 da unidade 2 da Física de 10.º ano

22. 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.

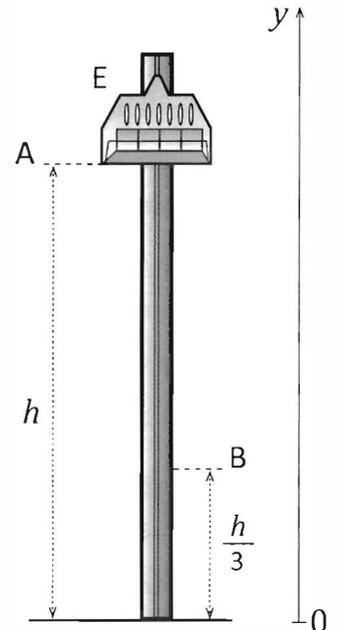
O elevador foi dimensionado de modo a atingir a posição B com velocidade de módulo igual a $30,3 \text{ m s}^{-1}$.

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 igual a 20 m s^{-2} .

Apresente todas as etapas de resolução.



23. 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)

- 23.1. 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.

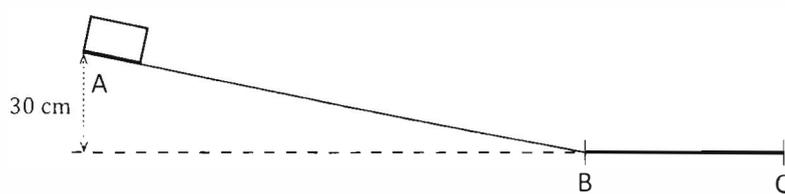
- 23.2.** Considere um objeto que, após ter sido abandonado do cimo da torre de Pisa, cai verticalmente até ao solo. Sendo apreciável o efeito da resistência do ar sobre esse objeto, ele acaba por atingir a velocidade terminal.

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.

- 23.3.** 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.

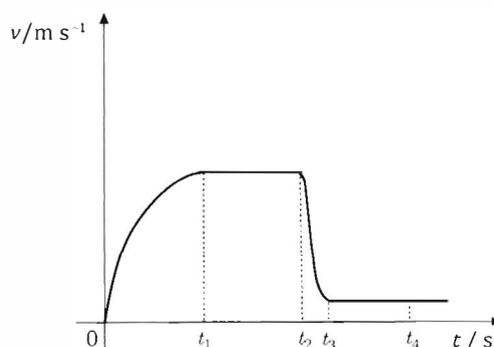
Um bloco, de massa 100 g, colocado no ponto A, desliza ao longo da calha, atingindo o ponto C com velocidade nula. Entre os pontos A e B considera-se desprezável o atrito. Entre os pontos B e C a superfície da calha é rugosa e, por isso, passa a atuar sobre o bloco uma força de atrito de intensidade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

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

Apresente todas as etapas de resolução.

- 24.** Um exemplo de movimento em que a resistência do ar não é desprezável é o movimento de queda de um paraquedista.

O gráfico da figura representa o módulo da velocidade de um paraquedista, em queda vertical, em função do tempo. Considere que o movimento se inicia no instante $t = 0\text{ s}$ e que o paraquedas é aberto no instante t_2 .

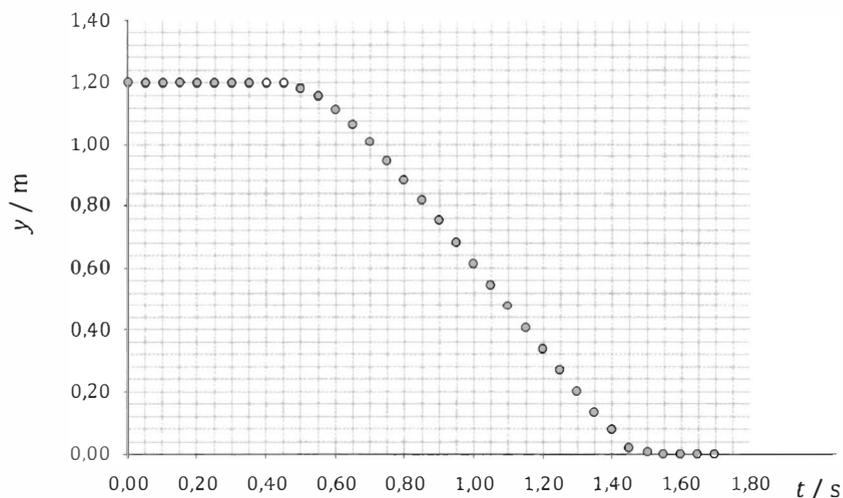


Classifique como verdadeira (V) ou falsa (F) cada uma das afirmações seguintes.

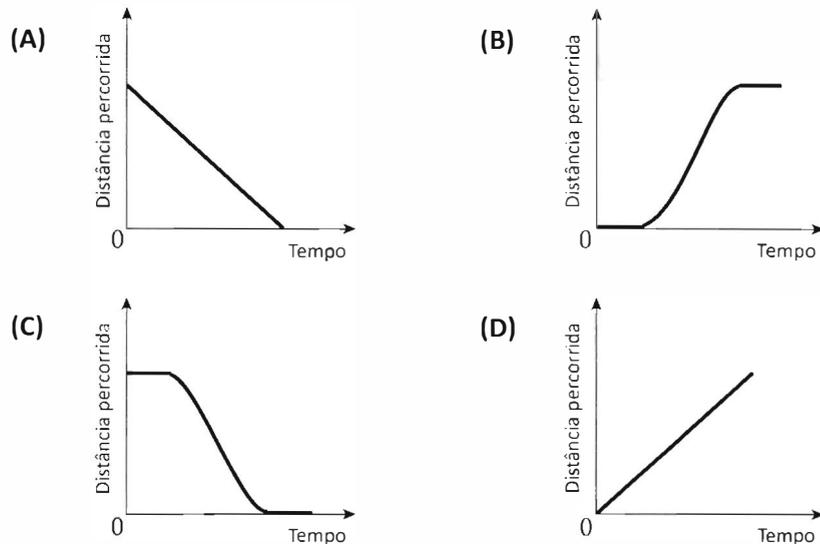
- (A) No intervalo de tempo $[0, t_1]$ s, o módulo da aceleração do paraquedista é constante.
- (B) No intervalo de tempo $[t_1, t_2]$ s, a resultante das forças que atuam no paraquedista é nula.
- (C) No intervalo de tempo $[t_2, t_3]$ s, o módulo da aceleração do paraquedista é igual a 10 m s^{-2} .
- (D) No intervalo de tempo $[0, t_1]$ s, a intensidade da resistência do ar aumenta, desde zero até um valor igual ao do peso do conjunto *paraquedista / paraquedas*.
- (E) No intervalo de tempo $[t_2, t_3]$ s, a resultante das forças que atuam no conjunto *paraquedista / paraquedas* tem sentido contrário ao do movimento do paraquedista.
- (F) No intervalo de tempo $[t_1, t_2]$ s, a energia cinética do conjunto *paraquedista / paraquedas* mantém-se constante.
- (G) No intervalo de tempo $[0, t_1]$ s, há conservação da energia mecânica do sistema *paraquedista / paraquedas + Terra*.
- (H) No intervalo de tempo $[t_3, t_4]$ s, o paraquedista encontra-se parado.
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.

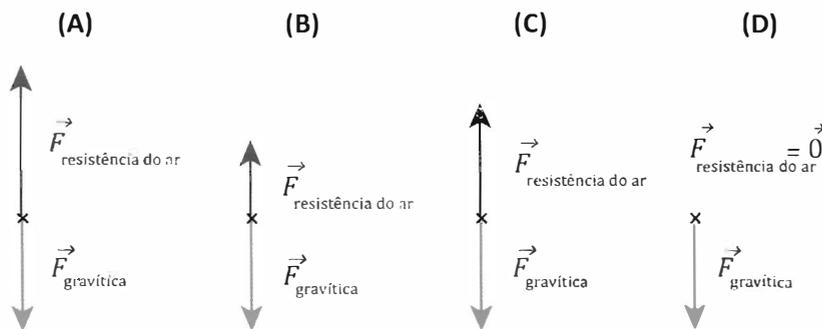
Na figura, está representado o gráfico da componente escalar, segundo o eixo Oy, da posição, y , do objeto de papel em função do tempo, t . Os dados registados foram adquiridos com um sensor de movimento.



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 da unidade 2 da Física de 10.º ano

25.2. Considere agora, numa segunda situação, que o objeto de papel, abandonado da mesma altura, 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.

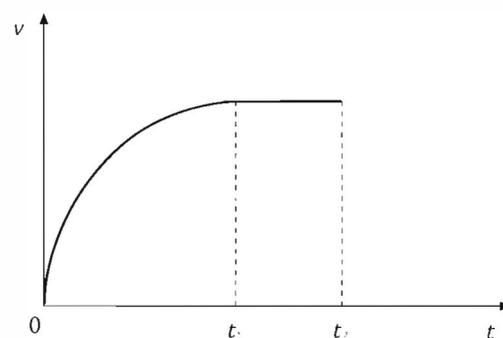
(D) maior módulo e energia cinética maior.

Nota: item da unidade 2 da Física de 10.º ano

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 da unidade 2 da Física de 10.º ano

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.

26.3.1. Na tabela seguinte encontram-se registadas as componentes escalares da posição de uma gota de água, em vários instantes do seu movimento de queda, após ter atingido a velocidade terminal.

Tempo / s	Posição / m
0,00	1,69
0,10	1,21
0,20	0,63
0,30	0,18

Obtenha a componente escalar da velocidade terminal da gota, a partir da equação da reta que melhor se ajusta ao conjunto de valores experimentais.

Utilize a calculadora gráfica.

Apresente o valor obtido com dois algarismos significativos.

26.3.2. Numa outra experiência, 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.

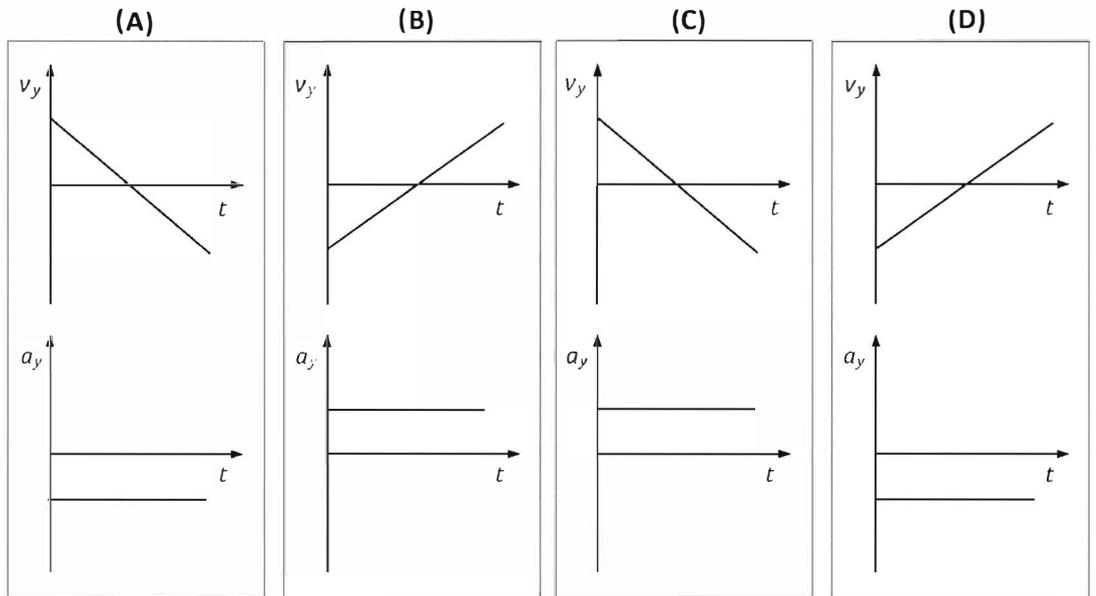
27. Lançou-se, verticalmente, para cima, uma bola, com velocidade inicial de módulo $6,0 \text{ m s}^{-1}$, em condições nas quais a resistência do ar pode ser considerada desprezável.

27.1. Determine a altura máxima atingida pela bola, em relação ao nível de lançamento.

Considere um referencial, Oy , de eixo vertical, com origem no ponto de lançamento e sentido de baixo para cima e recorra exclusivamente às equações que traduzem o movimento, $y(t)$ e $v(t)$.

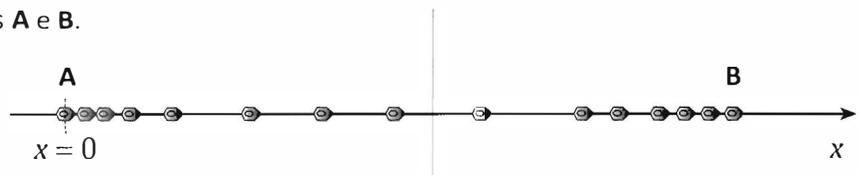
Apresente todas as etapas de resolução.

27.2. Selecione a opção que apresenta os gráficos que melhor traduzem as componentes escalares da velocidade, v_y , e da aceleração, a_y , em função do tempo, t , durante a ascensão e a queda da bola.

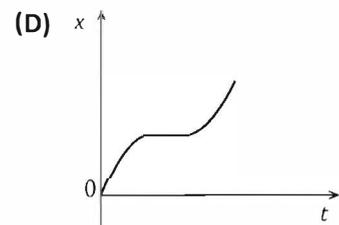
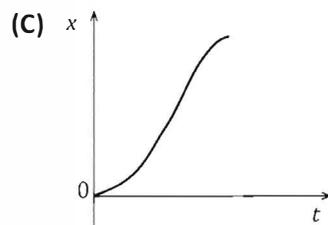
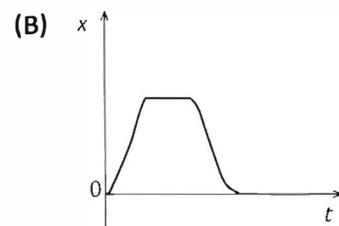
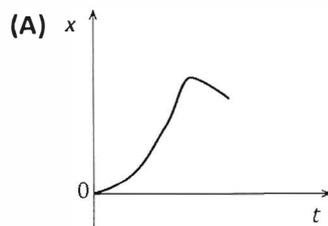


28. Os sistemas de navegação modernos recorrem a recetores GPS, que recebem, em alto mar, sinais eletromagnéticos de um conjunto de satélites.

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 geoestacionários.

28.2.2. Qual das expressões seguintes permite calcular, em 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.

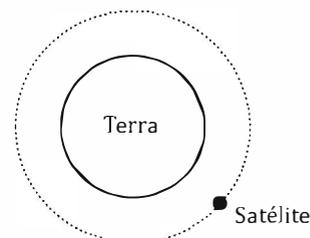
Apresente todas as etapas de resolução.

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 $7,0 \times 10^6 \text{ m}$, levando cerca de $5,76 \times 10^3 \text{ s}$ a completar uma volta em torno da Terra.

Qual das expressões seguintes permite calcular, em 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. 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*, vd. 30, n.º 3/4, 2007 (adaptado)

30.1. 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 da unidade 2 da Física de 11.º ano

30.2. 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.

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

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

31. 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.

31.1. 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.

31.2. 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.

32. 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.

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

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

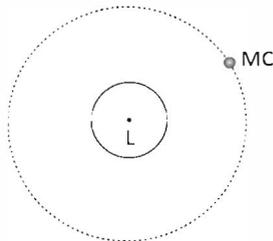
Considere $v = \sqrt{\frac{G m_T}{r_{\text{órbita}}}}$

Apresente todas as etapas de resolução.

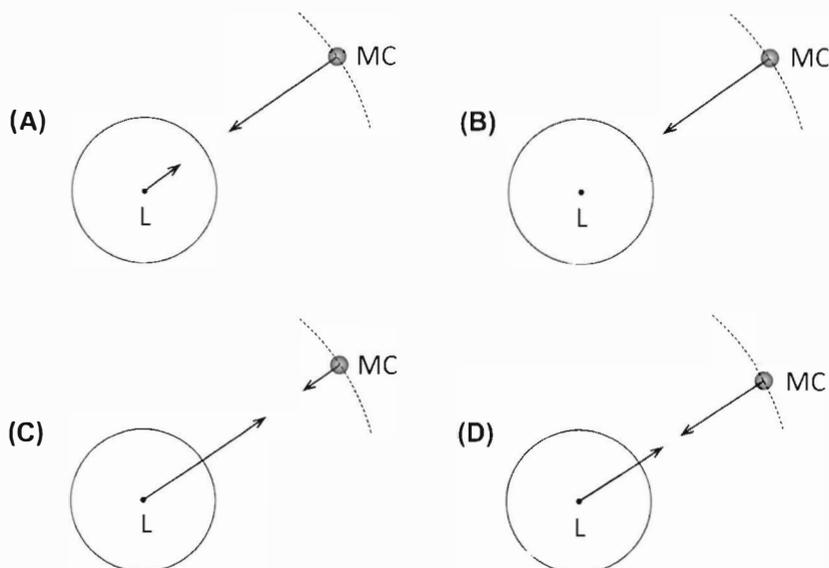
$$m_T \text{ (massa da Terra)} = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$$

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

33. 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).



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



33.2. Considere que o Módulo de Comando (MC) descreveu, com um período de 2,0 h, diversas órbitas circulares, de raio $1,9 \times 10^6$ m, sujeito apenas à força gravítica exercida pela Lua. Relativamente à situação descrita, classifique como verdadeira (V) ou falsa (F) cada uma das afirmações seguintes.

- (A) O MC descreveu cada volta completa em $7,2 \times 10^3$ s.
- (B) A velocidade linear do MC manteve-se constante.
- (C) Em 2,0 h o MC percorreu uma distância de $1,9 \times 10^6$ m.
- (D) O trabalho realizado pela resultante das forças aplicadas no MC foi nulo.
- (E) O produto do módulo da velocidade angular do MC pelo período do seu movimento é independente do raio da órbita.
- (F) O módulo da velocidade linear do MC depende da sua massa.
- (G) O módulo da velocidade angular do MC foi $8,7 \times 10^{-4}$ rad s⁻¹.
- (H) A energia cinética do MC variou ao longo da órbita.

34. 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.

34.1. 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 da unidade 2 da Física de 10.º ano

34.2. 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.

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



35.1. 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) $30\pi \text{ rad s}^{-1}$

35.2. 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.

36. Considere que se mediu a intensidade da resultante das forças aplicadas a um conjunto *corpo + sobrecarga*, que descreve, em diversos ensaios, uma mesma trajetória circular, de raio r , com velocidade angular constante.

Na tabela seguinte encontram-se registados os valores medidos nos diversos ensaios, nos quais se fez variar a massa do conjunto *corpo + sobrecarga*.

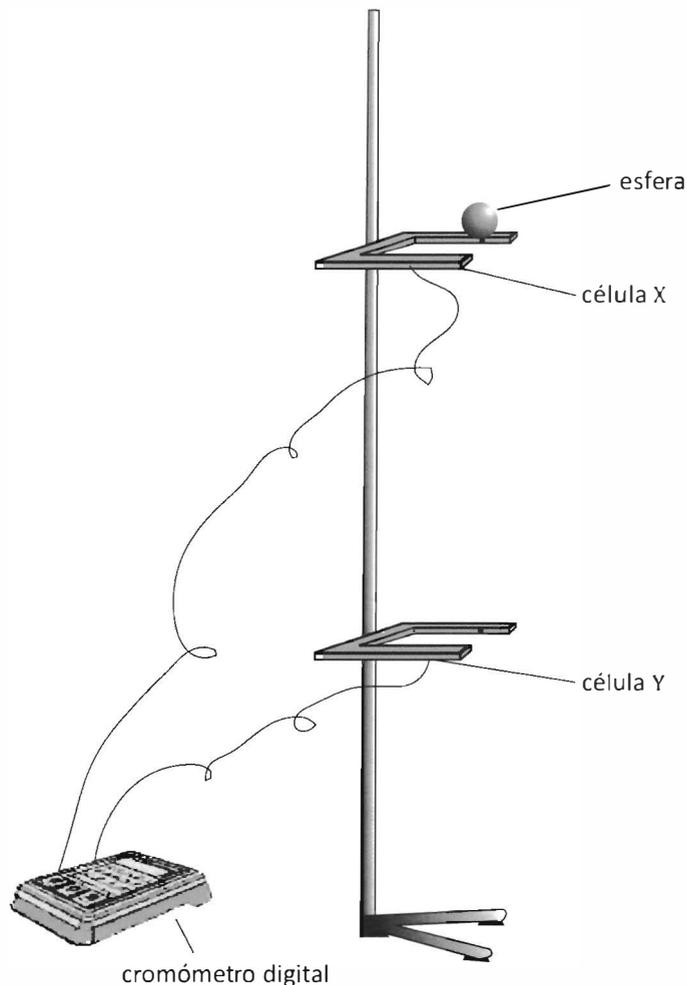
Massa / kg	Força / N
0,244	0,440
0,295	0,525
0,345	0,626
0,395	0,705

Obtenha o módulo da aceleração do conjunto *corpo + sobrecarga*, a partir da equação da reta que melhor se ajusta ao conjunto de pontos experimentais.

Utilize a calculadora gráfica.

Apresente o valor obtido com três algarismos significativos.

37. 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, Δt_{queda} ;
- o tempo que cada esfera demora a passar em frente à célula Y, Δt_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 ($v_x = 0$).

37.1. Para uma dada esfera, os alunos obtiveram os valores mais prováveis do diâmetro, d , e do tempo de passagem da esfera pela célula Y, Δt_Y :

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

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.

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

37.1.2. 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, Δt_{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.

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

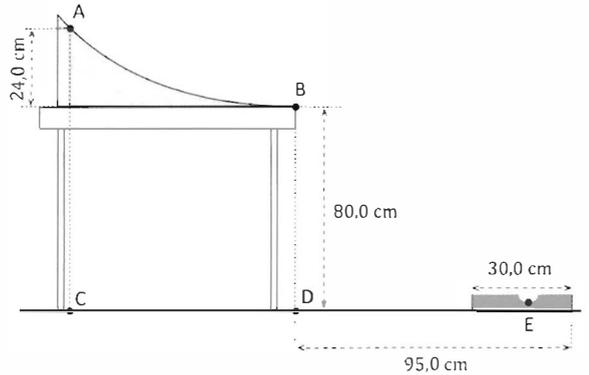
Altura de queda / cm	Massa da esfera / g		
	70	85	100
22	10,2	10,0	10,3
26	10,1	10,0	10,2
30	10,1	10,3	10,2

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

38. Para estudar a relação entre o módulo da velocidade de lançamento horizontal de um projétil e o seu alcance, um grupo de alunos usou o seguinte material:

- uma calha polida flexível, montada sobre uma mesa, de modo a que o troço final fosse horizontal;
- uma fita métrica;
- uma caixa, de altura muito reduzida, contendo areia;
- uma pequena esfera de aço.



O material foi montado de acordo com o esquema representado na figura (a figura não se encontra à escala).

A esfera foi abandonada no ponto A, situado sobre a calha, e acabou por cair na caixa com areia, onde deixou uma marca (ponto E).

38.1. Para medir o alcance da esfera, os alunos devem medir a distância entre os pontos

- (A) A e E. (B) C e E.
 (C) B e E. (D) D e E.

38.2. Considere que a caixa que contém areia tem um comprimento de 30,0 cm.

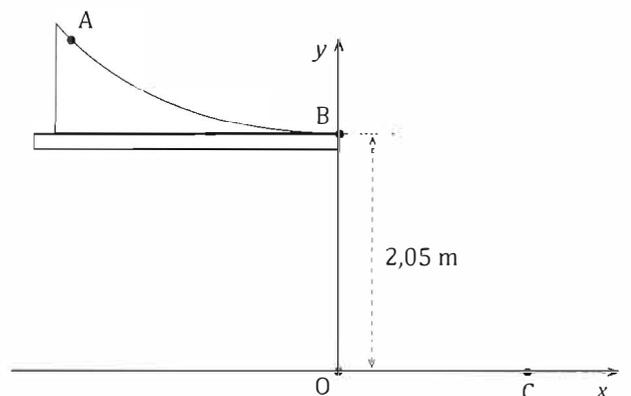
Verifique que, sendo desprezáveis o atrito e a resistência do ar, os alunos podem colocar a caixa na posição indicada na figura, quando abandonam a esfera na posição A.

Apresente todas as etapas de resolução.

38.3. Se, na experiência realizada pelos alunos, o atrito entre a calha e a esfera não for desprezável

- (A) o tempo de voo da esfera aumenta.
 (B) o tempo de voo da esfera diminui.
 (C) a esfera cai mais próximo da mesa.
 (D) a esfera cai mais longe da mesa.

39. Para estudar a relação entre o módulo da velocidade de lançamento horizontal de um projétil e o seu alcance, um grupo de alunos montou, sobre um suporte adequado, uma calha polida, que terminava num troço horizontal, situado a uma altura de 2,05 m em relação ao solo, tal como esquematizado na figura (a figura não se encontra à escala).



- 39.1.** Os alunos abandonaram uma esfera, de massa m , no ponto A e verificaram que ela atingia o solo no ponto C.

Mediram, então, a distância entre os pontos O e C, em três ensaios consecutivos, tendo obtido os valores que se encontram registados na Tabela.

Ensaio	\overline{OC} / m
1	1,16
2	1,18
3	1,17

Calcule o valor da velocidade da esfera à saída da calha (ponto B).

Recorra exclusivamente às equações $y(t)$ e $x(t)$, que traduzem o movimento da esfera, considerando o referencial bidimensional representado na figura.

Apresente todas as etapas de resolução.

- 39.2.** Seguidamente, os alunos repetiram o procedimento anterior, mas abandonando a esfera de diferentes pontos da calha. Obtiveram o conjunto de valores de alcance e de velocidade de lançamento registados na Tabela.

Velocidade de lançamento / $m s^{-1}$	Alcance / m
1,78	1,14
1,73	1,10
1,61	1,04
1,54	0,97
1,44	0,91

Com base nos valores constantes na tabela anterior e utilizando a calculadora gráfica, os alunos traçaram o gráfico do alcance em função da velocidade de lançamento.

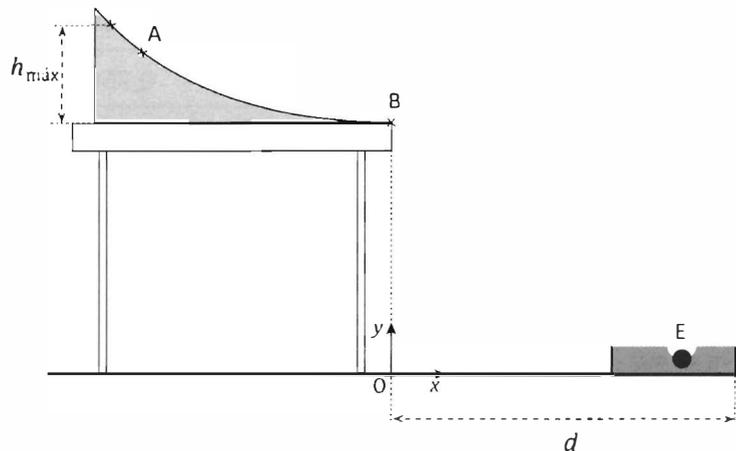
Escreva a equação da reta obtida pelos alunos que melhor se ajusta ao conjunto de pontos experimentais.

- 39.3.** Considere que uma esfera, de massa m_1 , abandonada no ponto A, passa em B com uma velocidade de módulo v_1 .

Se for desprezável a resistência do ar e o atrito entre as esferas e a calha, uma esfera de massa $2 m_1$, abandonada no ponto A, passará em B com uma velocidade de módulo

- (A) v_1 (B) $2 v_1$
 (C) $\frac{1}{2} v_1$ (D) $4 v_1$

40. Para estudar a relação entre o módulo da velocidade de lançamento horizontal de uma esfera e o seu alcance, um grupo de alunos montou, sobre uma mesa, uma calha polida, que terminava num troço horizontal, situado a uma determinada altura em relação ao solo, tal como esquematizado na figura (a figura não se encontra à escala). Junto à posição B, os alunos colocaram uma célula fotoelétrica ligada a um cronómetro digital e, no solo, colocaram uma caixa com areia onde a esfera, E, deveria cair.



Os alunos realizaram vários ensaios nos quais abandonaram a esfera de diversas posições sobre a calha, medindo, em cada ensaio, o tempo, Δt , que a esfera demorava a passar em frente à célula fotoelétrica e o alcance do lançamento horizontal.

- 40.1. Num primeiro conjunto de ensaios, os alunos abandonaram a esfera, de diâmetro 27,0 mm, sempre da posição A sobre a calha. A tabela seguinte apresenta os tempos, Δt , que a esfera demorou a passar em frente à célula fotoelétrica.

Ensaio	$\Delta t/s (\pm 0,0001 s)$
1.º	0,0150
2.º	0,0147
3.º	0,0147

Calcule o valor mais provável do módulo da velocidade com que a esfera passa na posição B, em frente à célula fotoelétrica, quando é abandonada da posição A.

Apresente todas as etapas de resolução.

- 40.2. Os alunos realizaram, ainda, outros conjuntos de ensaios, em cada um dos quais abandonaram a esfera de uma mesma posição sobre a calha. Para cada um desses conjuntos de ensaios, determinaram o módulo da velocidade de lançamento da esfera (módulo da velocidade com que a esfera passava na posição B) e o respetivo alcance.

Os valores obtidos estão registados na tabela seguinte.

Módulo da velocidade de lançamento / m s^{-1}	Alcance / m
1,98	0,929
1,86	0,873
1,79	0,840
1,60	0,750
1,48	0,695

Os alunos traçaram, na calculadora gráfica, o gráfico do alcance em função do módulo da velocidade de lançamento, obtendo a equação da reta que melhor se ajusta ao conjunto de valores apresentados na tabela.

40.2.1. Qual é o significado físico do declive da reta obtida?

40.2.2. Considere que a distância d representada na figura é 1,10 m.

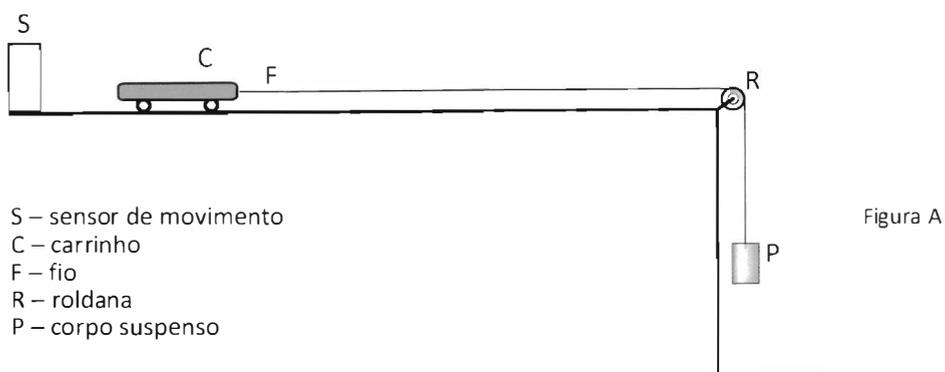
Considere que são desprezáveis todas as forças dissipativas e admita que a esfera pode ser representada pelo seu centro de massa (modelo da partícula material).

Calcule a altura máxima, $h_{\text{máx}}$, em relação ao tampo da mesa, da qual a esfera pode ser abandonada, de modo a cair na caixa com areia.

Comece por apresentar a equação da reta que melhor se ajusta ao conjunto de valores apresentados na tabela.

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.

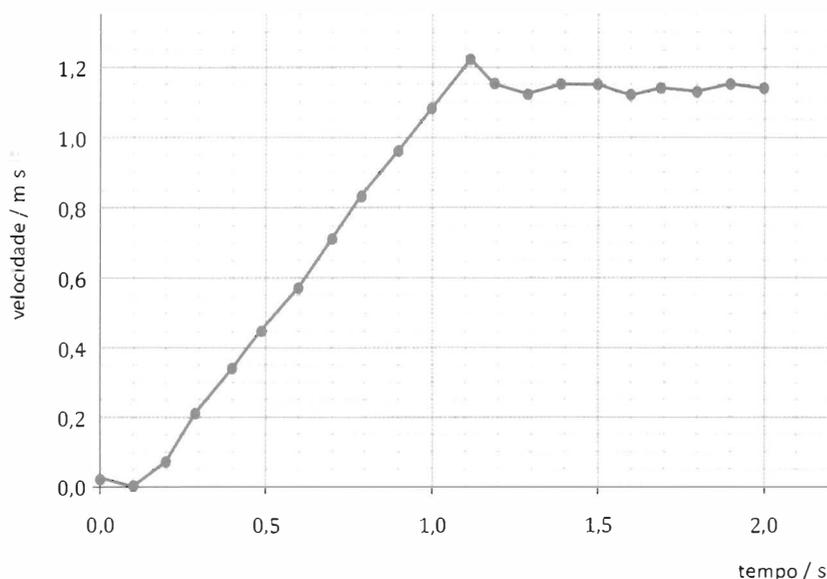


Figura B

- 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.

UNIDADE 2
Comunicações

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



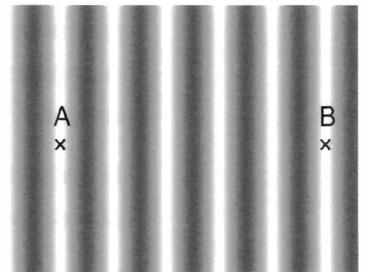
- 1.1. Indique, justificando, se a onda que se propaga na mola é transversal ou longitudinal.
- 1.2. Se o movimento da mão for mais rápido,
- (A) o período e a frequência da oscilação aumentam.
- (B) o período e a frequência da oscilação diminuam.
- (C) o período da oscilação aumenta, mas a frequência 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. 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.

3. 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)

- 3.1. 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.
- 3.2. 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?
- 3.3. O som emitido por um diapasão pode ser analisado se o sinal sonoro for convertido num sinal elétrico, que é registado num osciloscópio.

3.3.1. Identifique o dispositivo que deve ser ligado ao osciloscópio para que seja possível analisar o som emitido por um diapasão.

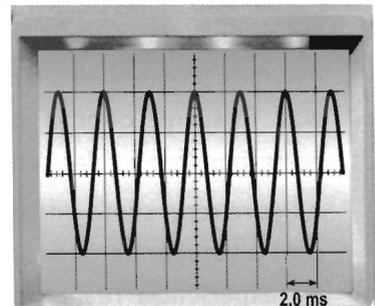
3.3.2. A figura representa o ecrã de um osciloscópio no qual está registado um sinal elétrico resultante da conversão de um sinal sonoro emitido por um diapasão.

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 m s^{-1} .

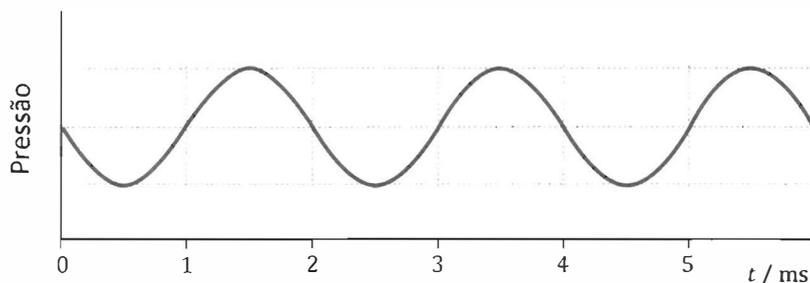
Determine o comprimento de onda do som, no ar, nas condições em que foi realizada a experiência.

Apresente todas as etapas de resolução.



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

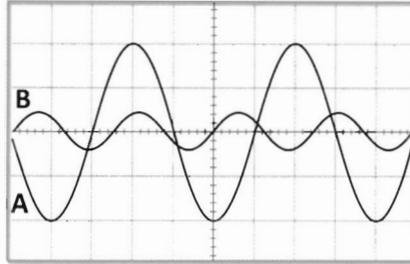
Na figura, está representada graficamente a pressão do ar, em função do tempo, t , num ponto onde o som foi detetado.



- 4.1. 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.
- 4.2. 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.
- 4.3. 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.
- 4.4. 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

5. Quando se percute um diapasão, este emite um som puro, que, após ser captado por um microfone e convertido num sinal elétrico, pode ser visualizado no ecrã de um osciloscópio.

5.1. Na figura estão representados dois sinais elétricos, **A** e **B**, originados por dois sinais sonoros.

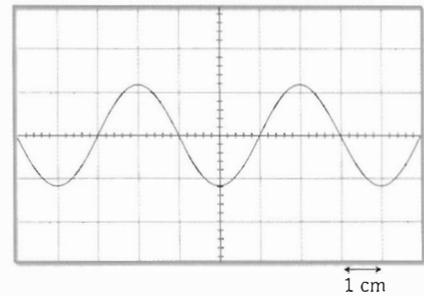


O sinal **A** tem _____ amplitude e _____ frequência do que o sinal **B**.

- (A) maior ... maior
- (B) maior ... menor
- (C) menor ... maior
- (D) menor ... menor

5.2. O gráfico da figura representa um sinal elétrico recebido num osciloscópio, com a base de tempo regulada para 0,5 ms/cm.

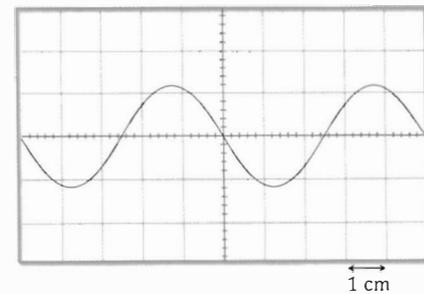
Calcule a frequência angular deste sinal, em unidades SI.
 Apresente todas as etapas de resolução.



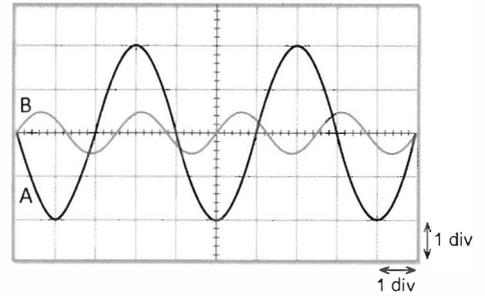
5.3. O gráfico da figura representa um sinal elétrico, de frequência 800 Hz, recebido num osciloscópio.

A base de tempo do osciloscópio estava regulada para

- (A) 0,10 ms/cm.
- (B) 0,20 ms/cm.
- (C) 0,25 ms/cm.
- (D) 0,40 ms/cm.



6. 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.



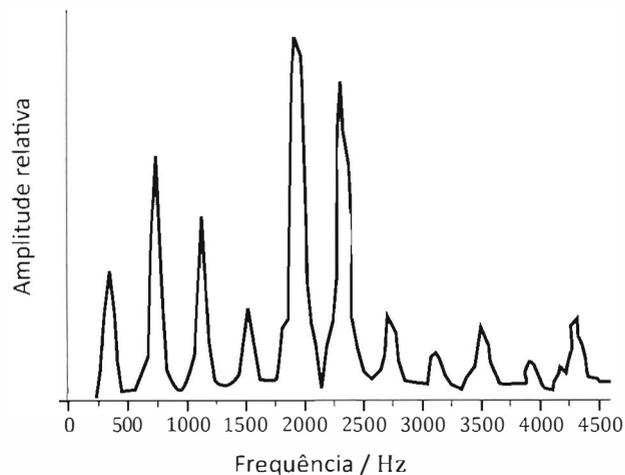
- 6.1. A frequência do sinal B é
- (A) 4 vezes superior à frequência do sinal A.
 - (B) 1,6 vezes inferior à frequência do sinal A.
 - (C) 1,6 vezes superior à frequência do sinal A.
 - (D) 4 vezes inferior à frequência do sinal A.

- 6.2. 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
7. 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.

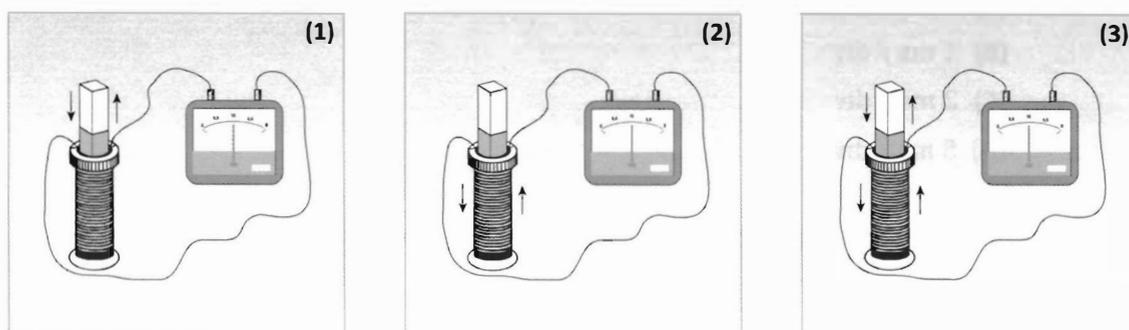
8. Quando o astronauta Neil Armstrong pisou pela primeira vez o solo lunar, a 20 de julho de 1969, entrou num mundo estranho e desolado. Toda a superfície da Lua está coberta por um manto de solo poeirento. Não há céu azul, nuvens, nem fenómenos meteorológicos de espécie alguma, porque ali não existe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

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

- 8.1. Tendo em conta a informação dada no texto, explique por que motivo, na Lua, «o silêncio é total».
- 8.2. 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.



- 8.2.1. 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).

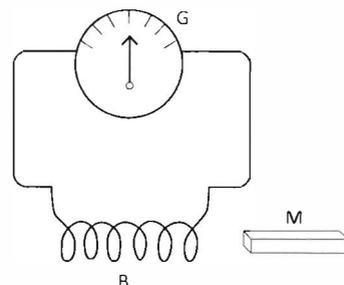
- 8.2.2. Quanto mais rápido é o movimento do íman no interior da bobina,

- (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.

8.2.3. O sinal elétrico gerado num microfone tem frequências demasiado baixas para ser encaminhado diretamente para a antena emissora. Deve, por esse motivo, sofrer um processo de modulação.

Além do sinal elétrico gerado no microfone, o processo de modulação requer outro sinal. Identifique esse sinal e explique sucintamente em que consiste o processo de modulação.

9. 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 elétrica) 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 elétrica, embora na montagem não exista nem pilha, nem gerador de qualquer espécie. O simples movimento da barra magnetizada dá origem à corrente elétrica.



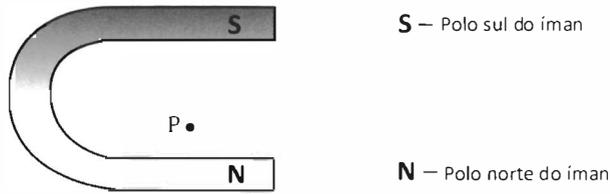
Só existe corrente elétrica no fio enquanto a barra se move. Se a barra parar, a agulha do galvanómetro regressa imediatamente a zero.

Rómulo de Carvalho, *História do Telefone*, 2.ª ed., Coimbra, Atlântida, 1962, pp. 67-69 (adaptado)

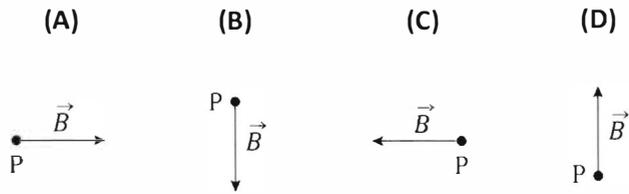
- 9.1. A partir da experiência descrita no texto, conclui-se que
- (A) um campo elétrico origina sempre um campo magnético.
 - (B) um campo magnético origina sempre uma corrente elétrica.
 - (C) uma corrente elétrica pode originar um campo magnético.
 - (D) uma barra magnetizada em movimento pode originar uma corrente elétrica.
- 9.2. 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.
- 9.3. 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.
- 9.4. Qual é o nome da unidade do Sistema Internacional em que se exprime a força eletromotriz?

10. Os ímanes têm, hoje em dia, diversas aplicações tecnológicas.

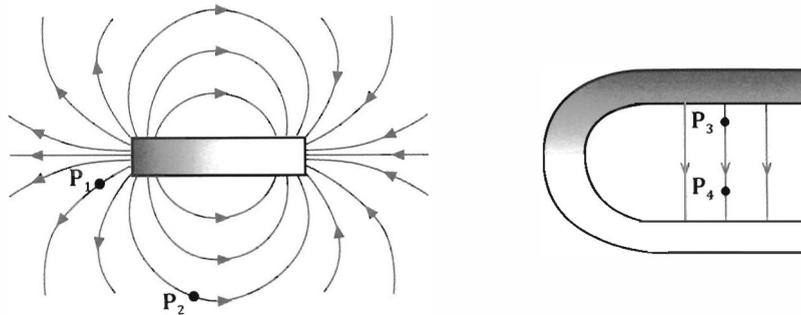
10.1. Considere o íman representado na figura.



Qual dos seguintes vetores pode representar o campo magnético criado no ponto P por esse íman?



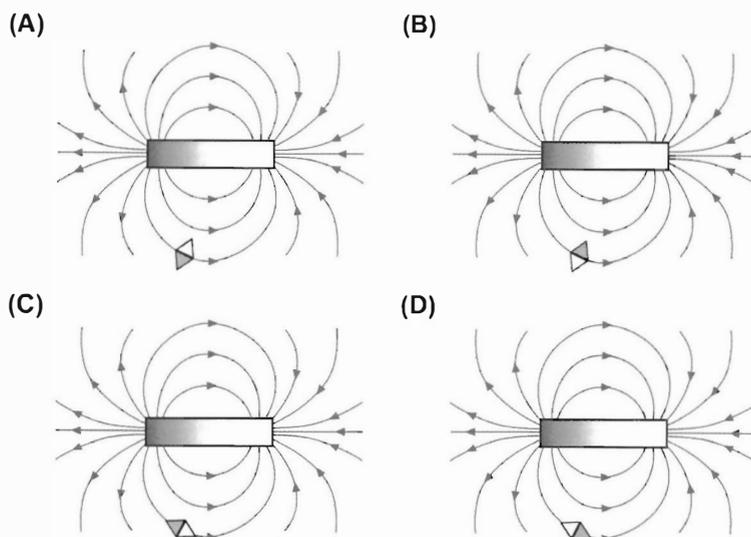
10.2. A figura representa linhas de campo magnético criadas por um íman em barra e por um íman em U.



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 .

10.3. 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.



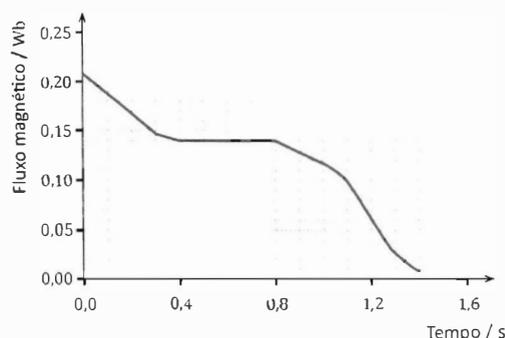
10.4. Oersted observou que uma agulha magnética, quando colocada na proximidade de um fio percorrido por uma corrente elétrica, sofria um pequeno desvio.

Refira o que se pode concluir deste resultado.

10.5. Os ímanes são um dos constituintes dos microfones de indução, dispositivos que permitem converter um sinal sonoro num sinal elétrico.

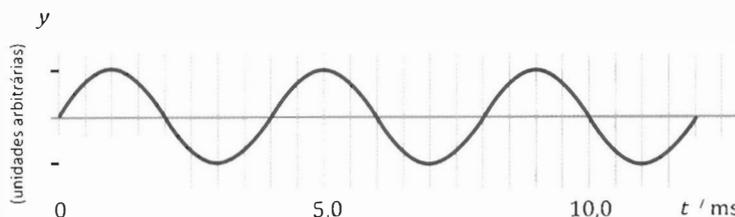
10.5.1. O funcionamento de um microfone de indução baseia-se na indução eletromagnética.

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.

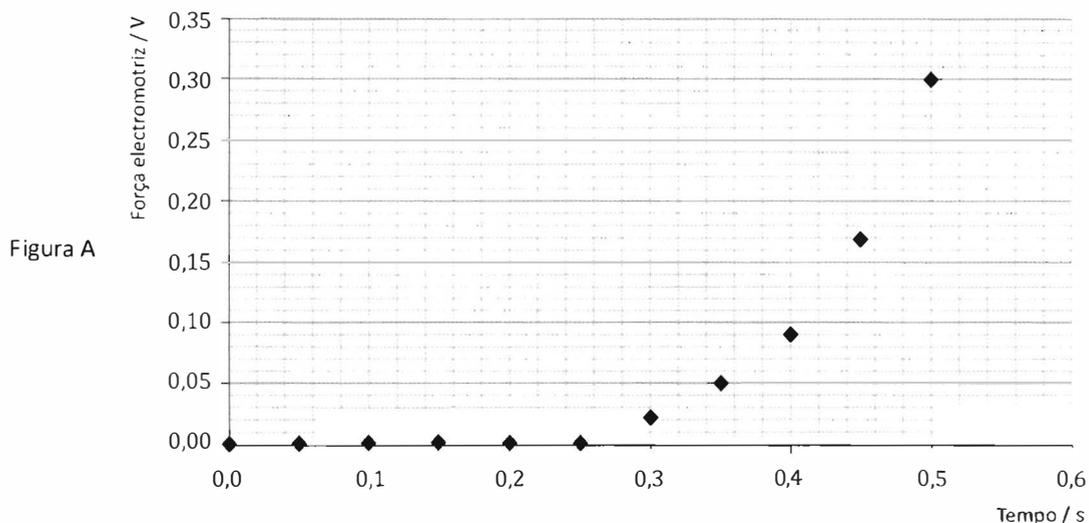
10.5.2. Na figura, está representado um gráfico que traduz a periodicidade temporal do movimento vibratório de uma partícula do ar situada a uma certa distância de uma fonte sonora.



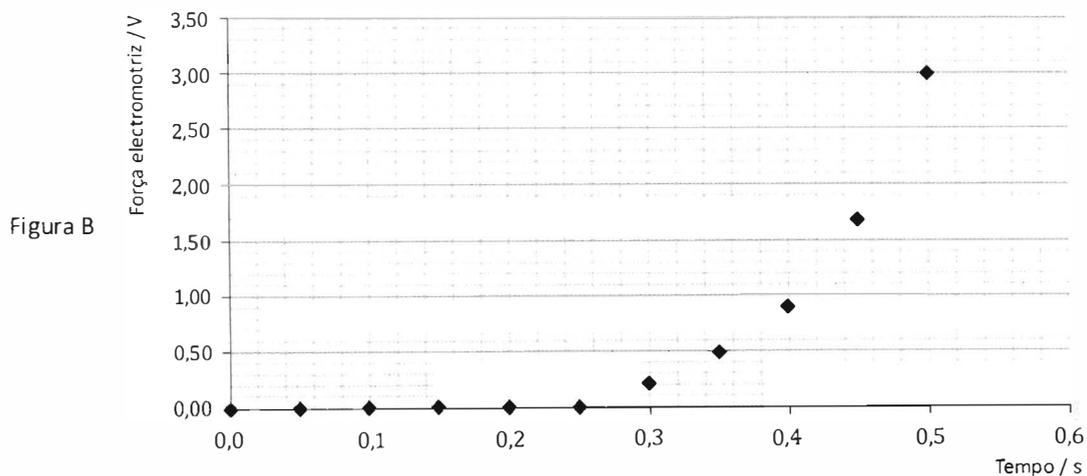
Determine o comprimento de onda do sinal sonoro, no ar, admitindo que, no intervalo de tempo considerado, a velocidade do som, nesse meio, era 342 m s^{-1} .

Apresente todas as etapas de resolução.

11. A Figura A representa o gráfico da força eletromotriz induzida nos terminais de uma bobina, em função do tempo, obtido numa experiência em que se utilizou um íman, uma bobina com 600 espiras e um sensor adequado.



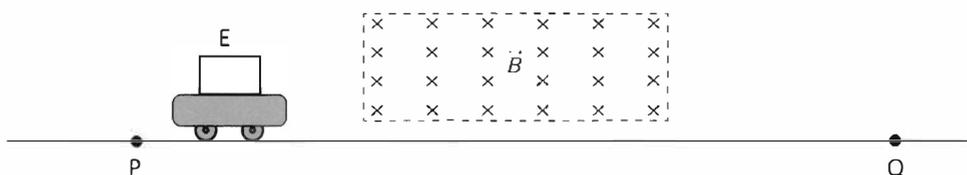
A Figura B representa o gráfico obtido numa segunda experiência, idêntica à anterior, em que se mantiveram todas as condições experimentais, mas em que se utilizou uma bobina com um número de espiras diferente.



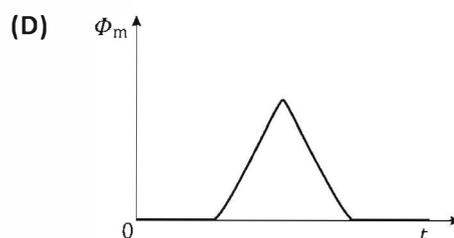
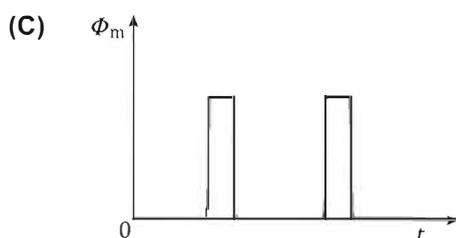
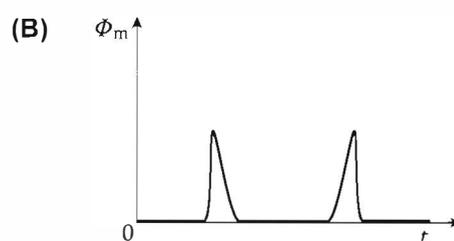
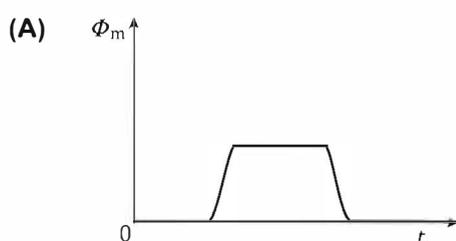
Qual é o número de espiras da bobina utilizada na segunda experiência?

- (A) 6000 espiras.
- (B) 1200 espiras.
- (C) 300 espiras.
- (D) 60 espiras.

12. 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.



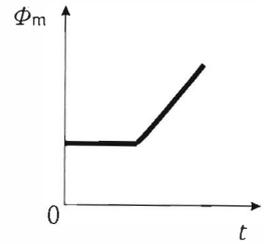
- 12.1. Qual é o esboço do gráfico que pode representar o fluxo magnético, Φ_m , que atravessa a superfície delimitada pela espira, em função do tempo, t , à medida que o carrinho se move entre as posições P e Q?



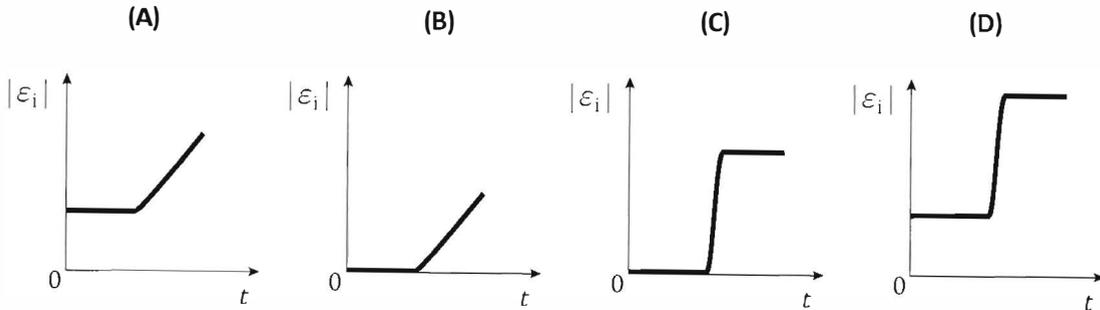
- 12.2. Existe força eletromotriz induzida na espira quando

- (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.

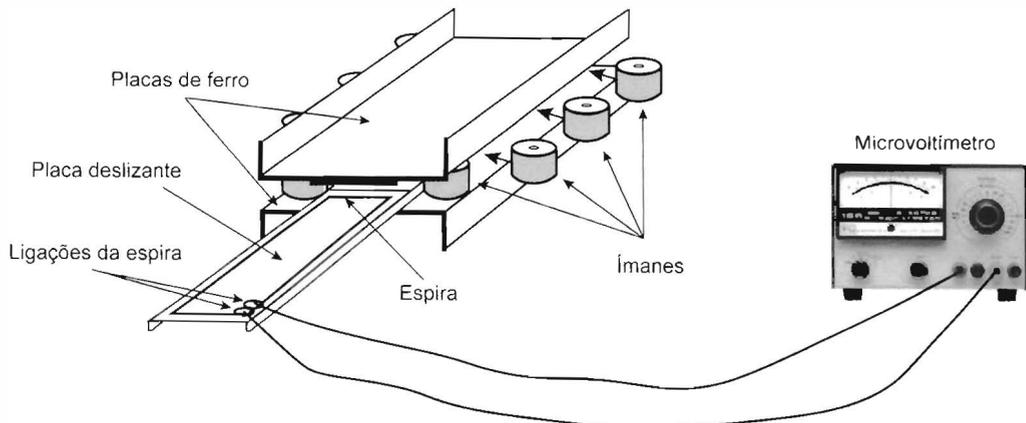
13. A figura representa o esboço do gráfico do fluxo magnético, Φ_m , em função do tempo, t , devido ao movimento relativo de uma espira metálica imersa num campo magnético uniforme.



Qual é o esboço do gráfico que pode representar o módulo da força eletromotriz induzida, $|\varepsilon_i|$, na espira, em função do tempo, t ?



14. Com o objetivo de determinar o módulo do campo magnético produzido por um conjunto de ímanes, um grupo de alunos utilizou uma montagem semelhante à representada na figura.



Os alunos começaram por colocar quatro pares de ímanes, igualmente espaçados, entre duas placas de ferro, estabelecendo-se, assim, entre elas, um campo magnético que se pode considerar uniforme.

Colocaram, em seguida, uma espira sobre uma placa (deslizante) que, em cada ensaio realizado, fizeram deslizar entre as duas placas de ferro com velocidade de módulo constante, desde a posição inicial, representada na figura, até uma posição final na qual a placa deslizante ficava completamente introduzida no espaço entre as duas placas de ferro.

- 14.1. Os alunos mediram com um cronómetro, em três ensaios, o intervalo de tempo, Δt , que a placa com a espira demorou a deslizar, com velocidade de igual módulo, entre as duas placas de ferro, desde a posição inicial até à posição final.

Os valores medidos encontram-se registados na tabela seguinte.

Ensaio	$\Delta t/s$
1	6,12
2	6,12
3	6,06

Exprima o resultado da medição do intervalo de tempo em função do valor mais provável e da incerteza absoluta.

- 14.2.** Seguidamente, utilizando uma espira com uma área de 60 cm^2 , os alunos realizaram cinco ensaios sucessivos, procedendo de modo que a placa com a espira deslizesse entre as duas placas de ferro com velocidade de módulo sucessivamente maior.

Mediram, em cada um dos ensaios, o intervalo de tempo, Δt , que a placa com a espira demorou a deslizar entre as duas placas de ferro, desde a posição inicial até à posição final. Mediram também, com um microvoltímetro, a força eletromotriz induzida, ε_i , na espira.

Na tabela seguinte, apresentam-se os valores do inverso dos intervalos de tempo medidos, $\frac{1}{\Delta t}$, e do módulo da força eletromotriz induzida, $|\varepsilon_i|$, na espira, em cada um daqueles ensaios.

$\frac{1}{\Delta t}/s^{-1}$	$ \varepsilon_i /\mu V$
0,164	45
0,251	73
0,333	100
0,497	147
0,667	198

Determine o módulo do campo magnético produzido pelo conjunto de ímanes, admitindo que o ângulo entre a direção do campo e a direção perpendicular à superfície delimitada pela espira é 0° .

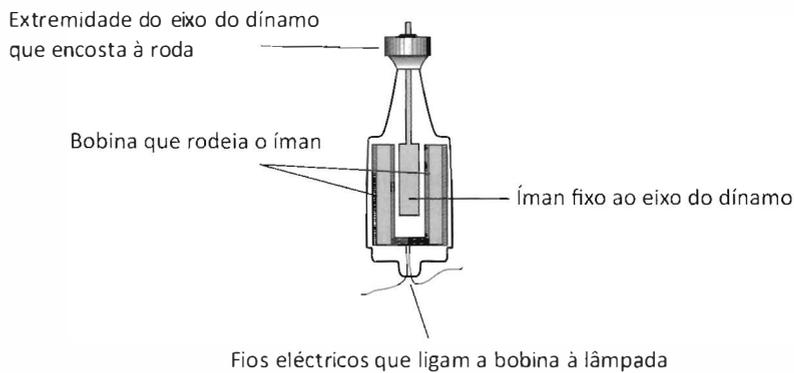
Comece por obter o módulo da variação do fluxo magnético que atravessa a superfície delimitada pela espira, a partir do declive da reta que melhor se ajusta ao conjunto de valores apresentados na tabela (utilize a calculadora gráfica).

Apresente todas as etapas de resolução.

15. Deve-se a M. Faraday a descoberta da indução eletromagnética, que permite a produção de corrente elétrica em muitos dispositivos.

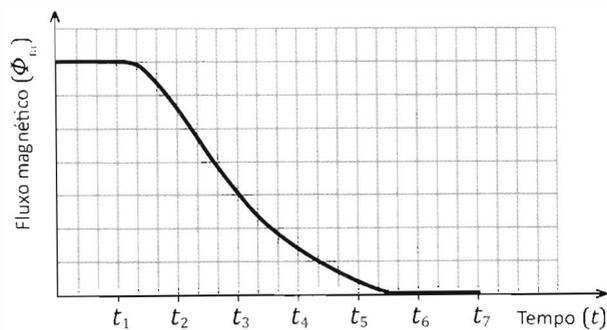
15.1. Algumas bicicletas dispõem de faróis cujas lâmpadas estão ligadas a um dínamo, semelhante ao representado na figura.

Quando a roda da bicicleta está em movimento, o eixo do dínamo gira, provocando a rotação do ímã, 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.

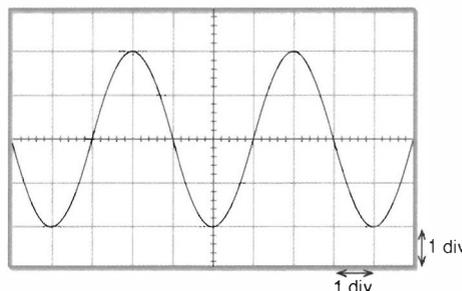
15.2. O gráfico da figura seguinte representa o fluxo magnético que atravessa uma espira metálica, em função do tempo.



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) $[t_6; t_7]$

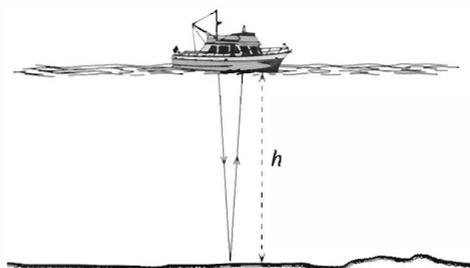
- 15.3. O gráfico da figura ao lado representa um sinal elétrico, recebido num osciloscópio, em que a base de tempo foi regulada para 5 ms/div e o amplificador vertical para 5 V/div.



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.

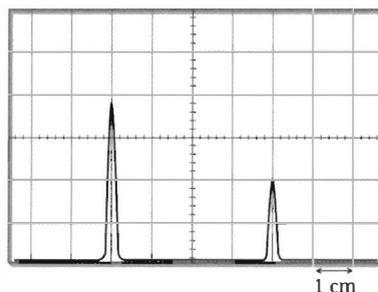
Apresente todas as etapas de resolução.

16. 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.



- 16.1. Admita que é possível registar, 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 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 m s^{-1} .

Calcule a profundidade da água, h , naquele local.

Apresente todas as etapas de resolução.

16.2. 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.

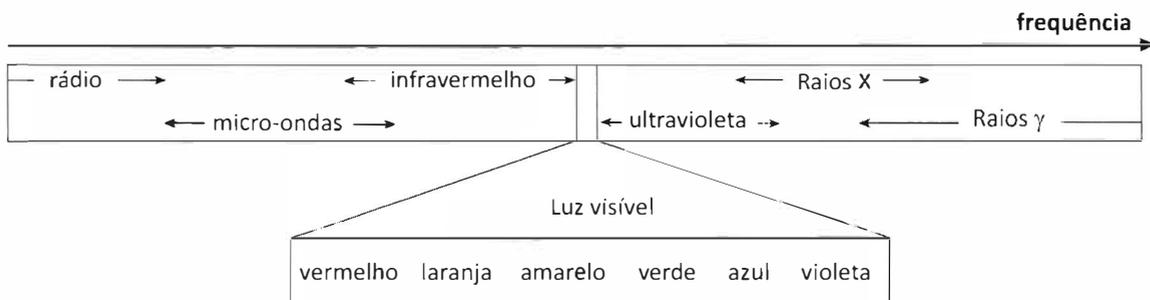
16.3. Os tripulantes do barco, ao avistarem um cardume, têm a sensação de que os peixes estão mais próximos da superfície da água do que na realidade se encontram.

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

17. 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.

17.1. Maxwell previu que as ondas luminosas seriam ondas eletromagnéticas porque, de acordo com o trabalho por ele desenvolvido, as ondas eletromagnéticas

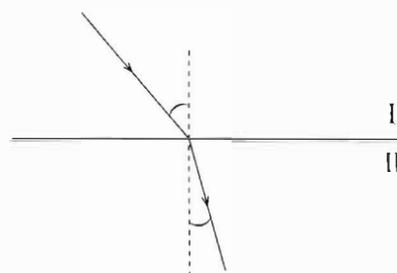
- (A) seriam originadas por cargas elétricas em movimento retilíneo uniforme.
- (B) poderiam ser usadas em sistemas de telecomunicações.
- (C) apresentariam comportamentos distintos na atmosfera.
- (D) se propagariam no vácuo à velocidade da luz.

17.2. Selecione a opção que identifica o fenómeno a que se refere a última frase do texto.

- (A) Refração
- (B) Reflexão
- (C) Difração
- (D) Dispersão

17.3. 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

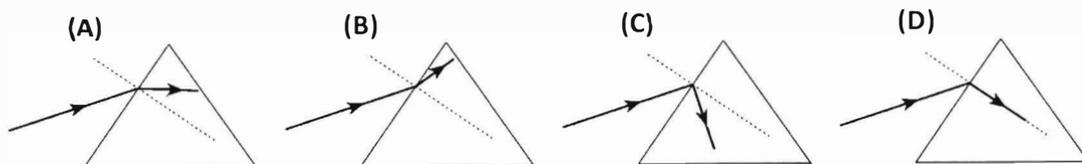
18. O espectro da luz visível pode ser obtido fazendo incidir radiação solar num prisma de vidro.

18.1. 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.

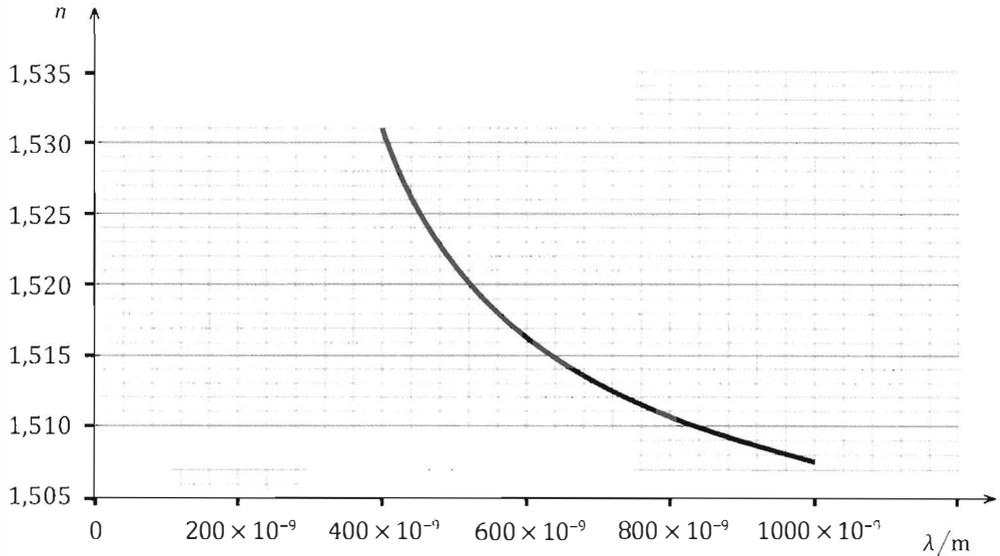
18.2. Considere um feixe laser, muito fino, que se propaga no ar e que incide numa das faces de um prisma de vidro.

Em qual das figuras seguintes está representada parte de um trajeto possível desse feixe no interior do prisma?

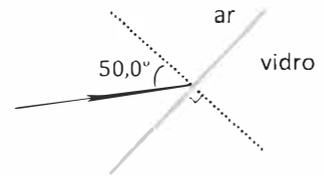


19. A luz proveniente das estrelas dispersa-se, ao entrar num prisma, devido ao facto de a velocidade de propagação da luz, no material constituinte do prisma, depender da frequência da radiação. Consequentemente, o índice de refração desse material também irá depender da frequência da radiação.

19.1. O gráfico da figura representa o índice de refração, n , de um vidro do tipo BK7, em função do comprimento de onda, λ , da luz no vázio.



Considere um feixe de luz monocromática, de comprimento de onda $560 \times 10^{-9}m$, 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.

$$n_{\text{ar}}(\text{índice de refração no ar}) = 1,000$$

19.2. Indique, justificando, se uma radiação de comprimento de onda $560 \times 10^{-9}m$ sofre difração apreciável num obstáculo cujas dimensões sejam da ordem de grandeza de 1 m.

19.3. 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?

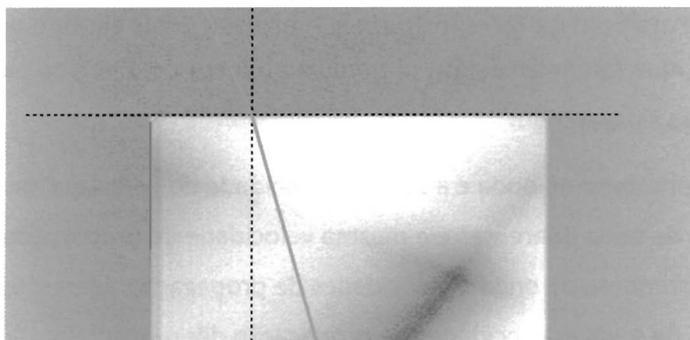
(A) $f = \frac{4,86 \times 10^7}{3,00 \times 10^8} \text{ Hz}$

(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) $f = \frac{486}{3,00 \times 10^8} \text{ Hz}$

20. 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 $16,0^\circ$.

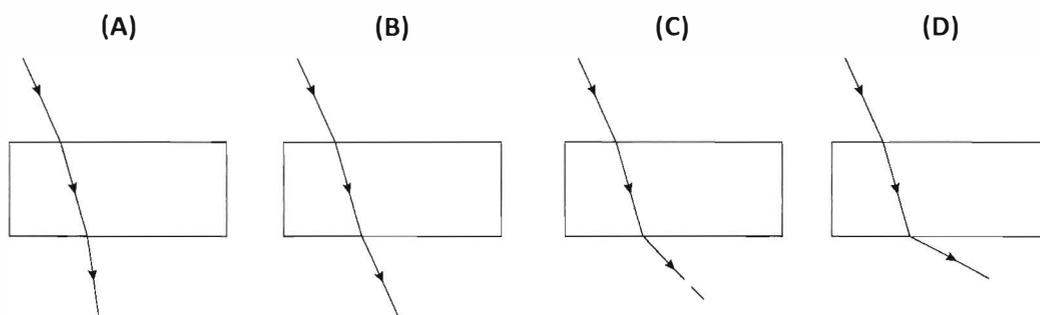


- 20.1. Determine a velocidade de propagação do feixe de luz monocromática no interior do vidro Flint.

Apresente todas as etapas de resolução.

$$n_{\text{ar}}(\text{índice de refração do ar}) = 1,00$$

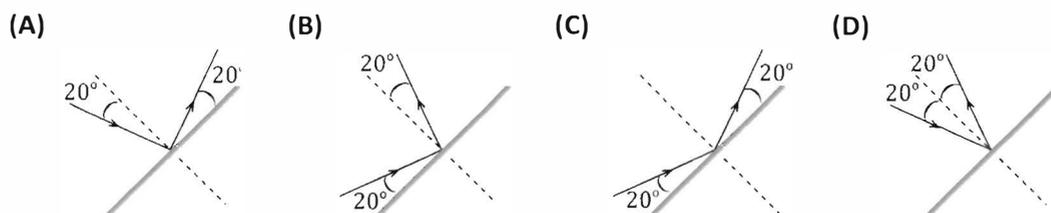
- 20.2. Qual dos esquemas seguintes pode representar o trajeto do feixe de luz monocromática ao propagar-se do interior do vidro *Flint* novamente para o ar?



21. A distância Terra – Lua foi determinada, com grande rigor, por reflexão de ondas eletromagnéticas em refletores colocados na superfície da Lua.

- 21.1. Considere um feixe laser, muito fino, que incide sobre uma superfície plana segundo um ângulo de incidência de 20° , sendo refletido por essa superfície.

Selecione a única opção que representa corretamente a situação descrita.



- 21.2. Um sinal eletromagnético enviado da Lua quando esta se encontra a $3,84 \times 10^8 \text{ m}$ 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.

22. 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.

23. A comunicação entre um recetor GPS e os satélites do sistema GPS faz-se por meio de sinais eletromagnéticos, na gama das micro-ondas.

- 23.1. A radiação micro-ondas é utilizada na transmissão de sinais entre os satélites e os recetores do sistema GPS, dado que aquela radiação

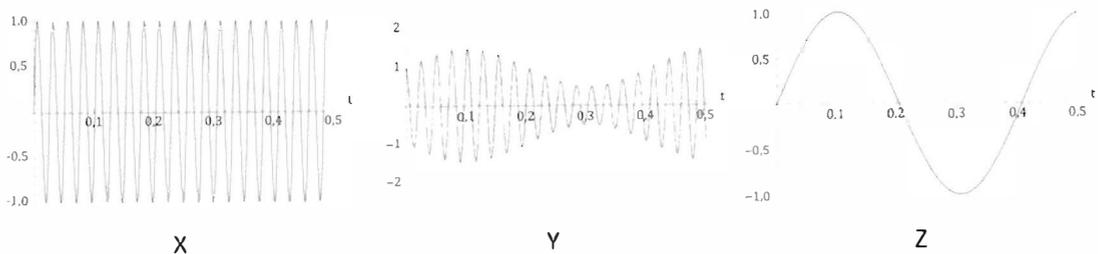
- (A) sofre reflexão apreciável na atmosfera.
- (B) é muito absorvida pela atmosfera.
- (C) se propaga na atmosfera praticamente em linha reta.
- (D) sofre difração apreciável na atmosfera.

- 23.2. As ondas eletromagnéticas são ondas

- (A) transversais que não se propagam no vázio.
- (B) transversais que se propagam no vázio.
- (C) longitudinais que se propagam no vázio.
- (D) longitudinais que não se propagam no vázio.

24. A transmissão de informação a longa distância, por meio de ondas eletromagnéticas, requer a modulação de sinais. Por exemplo, nas emissões rádio em AM, os sinais áudio são modulados em amplitude.

- 24.1. Na figura, estão representadas graficamente, em função do tempo, as intensidades de um sinal áudio, de um sinal de uma onda portadora e de um sinal modulado em amplitude (valores expressos em unidades arbitrárias).



Selecione, com base na informação dada, a opção correta.

- (A) O gráfico X refere-se ao sinal áudio.
- (B) O gráfico Y refere-se ao sinal da onda portadora.
- (C) O gráfico Z refere-se ao sinal modulado em amplitude.
- (D) O gráfico Z refere-se ao sinal áudio.

24.2. Na modulação FM, a frequência da onda

- (A) portadora é superior à frequência do sinal a transportar.
- (B) modulada é constante ao longo do tempo.
- (C) portadora é variável ao longo do tempo.
- (D) modulada é inferior à frequência do sinal a transportar.

25. O desenvolvimento das fibras óticas, na segunda metade do século XX, revolucionou a tecnologia de transmissão de informação.

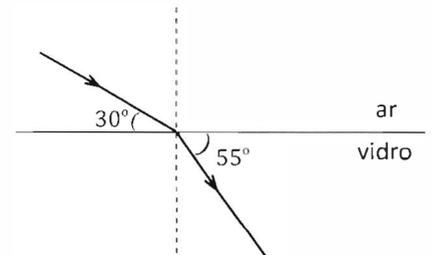
25.1. Uma fibra ótica é constituída por um filamento de vidro ou de um material polimérico (núcleo), coberto por um revestimento de índice de refração diferente. A luz incide numa extremidade da fibra, segundo um ângulo adequado, e é guiada ao longo desta, quase sem atenuação, até à outra extremidade.

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.

25.2. Nas comunicações por fibras óticas utiliza-se frequentemente luz *laser*.

A figura representa um feixe de laser, muito fino, que se propaga no ar e incide na superfície de um vidro.

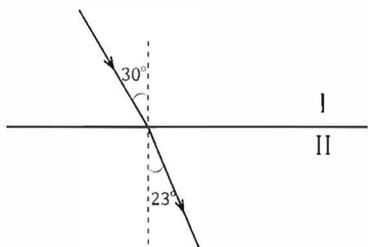


Tendo em conta a situação descrita, selecione a opção correta.

- (A) O ângulo de incidência é de 30° .
- (B) O ângulo de incidência é de 55° .
- (C) O ângulo de refração é de 60° .
- (D) O ângulo de refração é de 35° .

26. Quando um feixe luminoso incide na superfície de separação de dois meios transparentes, ocorrem, entre outros, fenômenos de reflexão e de refração.

26.1. 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

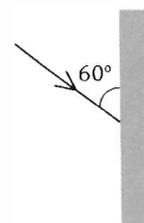
Quais são os meios I e II, tendo em conta os valores de índice de refração, n , listados na Tabela?

- (A) I – óleo ; II – água. (B) I – óleo ; II – ar.
 (C) I – ar ; II – vidro. (D) I – ar ; II – óleo.

26.2. 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.

27. 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.



$$n_{\text{ar}}(\text{índice de refração do ar}) = 1,0$$

27.1. Qual é o ângulo de refração, na situação representada na figura?

- (A) 19° (B) 30°
 (C) 35° (D) 49°

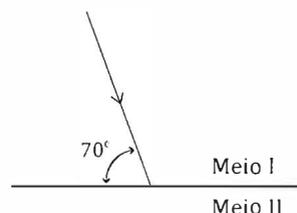
27.2. A frequência da radiação monocromática referida é $5,0 \times 10^{14}$ Hz.

Calcule o comprimento de onda dessa radiação quando se propaga no vidro.

Apresente todas as etapas de resolução.

- 27.3.** 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° .

- 28.** 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.



- 28.1.** Qual é o ângulo entre o feixe incidente e o feixe refletido?

- (A) 20°
- (B) 40°
- (C) 60°
- (D) 70°

- 28.2.** Admita que, para a radiação considerada, o índice de refração do meio I é o dobro do índice de refração do meio II.

- 28.2.1.** 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 λ_I e λ_{II} , conclui-se que

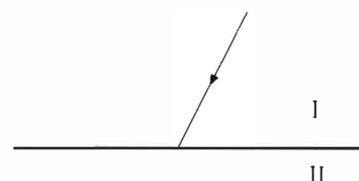
- (A) $v_I = 2v_{II}$ e $\lambda_I = 2\lambda_{II}$
- (B) $v_I = 2v_{II}$ e $\lambda_I = \frac{1}{2}\lambda_{II}$
- (C) $v_I = \frac{1}{2}v_{II}$ e $\lambda_I = 2\lambda_{II}$
- (D) $v_I = \frac{1}{2}v_{II}$ e $\lambda_I = \frac{1}{2}\lambda_{II}$

- 28.2.2.** 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°
- (B) 28°
- (C) 30°
- (D) 40°

- 29.** 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} .

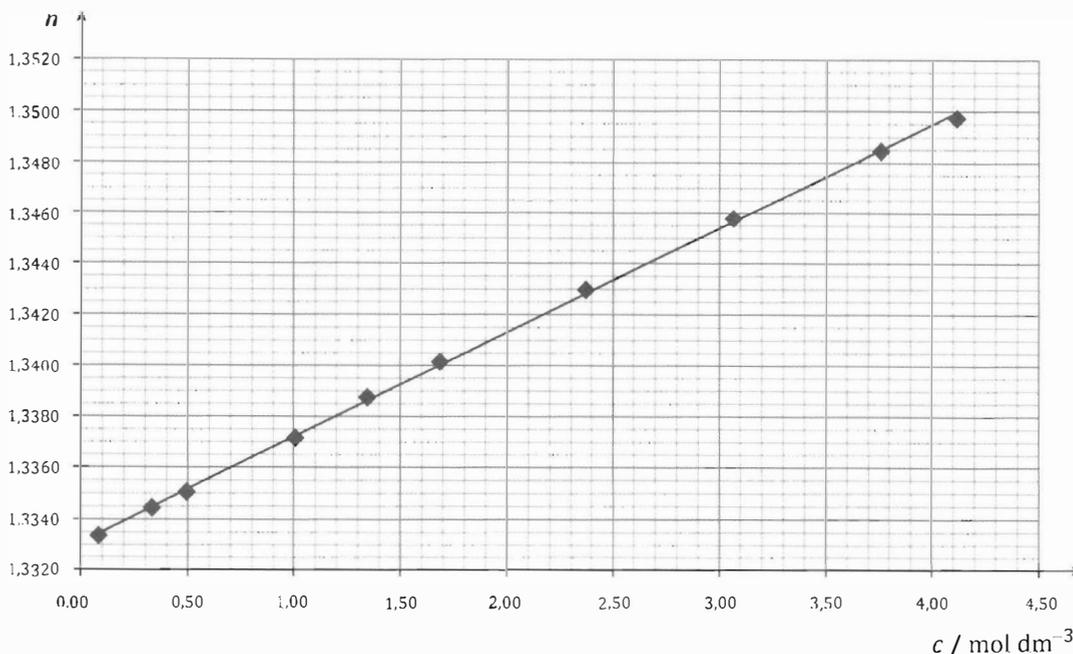
Se a luz se propagar com maior velocidade no meio II, o ângulo de refração será



- (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 $n_I < n_{II}$.

30. 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 respectivas 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 °C.



- 30.1. 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 °C, fez-se incidir um feixe, muito fino, da radiação monocromática referida, segundo um mesmo ângulo.

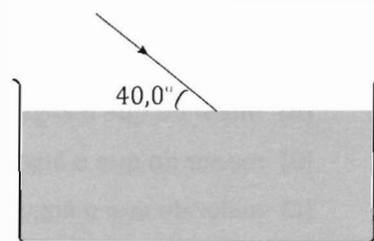
A velocidade de propagação dessa radiação será maior na solução de concentração

- (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.

- 30.2. A figura representa uma tina contendo uma solução aquosa de ácido acético de concentração $1,20 \text{ mol dm}^{-3}$, à temperatura de 20 °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.



$$n_{\text{ar}}(\text{índice de refração no ar}) = 1,000$$

30.3. 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.

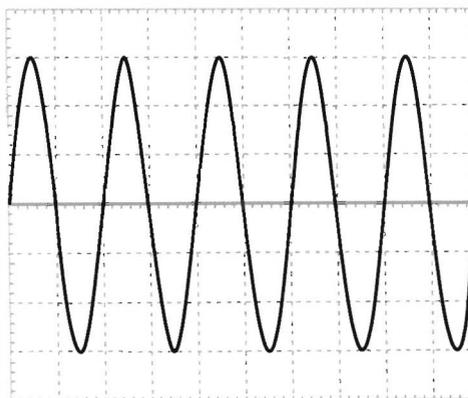
31. A velocidade de propagação de uma radiação monocromática na água em fase líquida é cerca de $\frac{3}{4}$ da velocidade de propagação dessa radiação no vácuo.

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

32. Utilizou-se um osciloscópio para medir a tensão nos terminais de uma lâmpada alimentada por uma fonte de corrente alternada.

A figura representa o sinal obtido no osciloscópio, com a base de tempo regulada para 0,5 ms/divisão.



32.1. Qual é o período do sinal obtido no osciloscópio?

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

32.2. Qual será o valor lido num voltímetro ligado aos terminais da lâmpada se a tensão máxima do sinal, medida com o osciloscópio, for 6,0 V ?

- (A) 6,0 V
- (B) $\frac{\sqrt{2}}{6,0}$ V
- (C) $6,0 \times \sqrt{2}$ V
- (D) $\frac{6,0}{\sqrt{2}}$ V

- 33.** 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 m s^{-1} .

- 33.1.** 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.

- 33.2.** 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 $\frac{1}{d}$.

- 33.3.** O valor experimental da velocidade de propagação do som no ar, obtido pelos alunos, foi 319 m s^{-1} .

Qual é o erro relativo, em percentagem, desse valor?

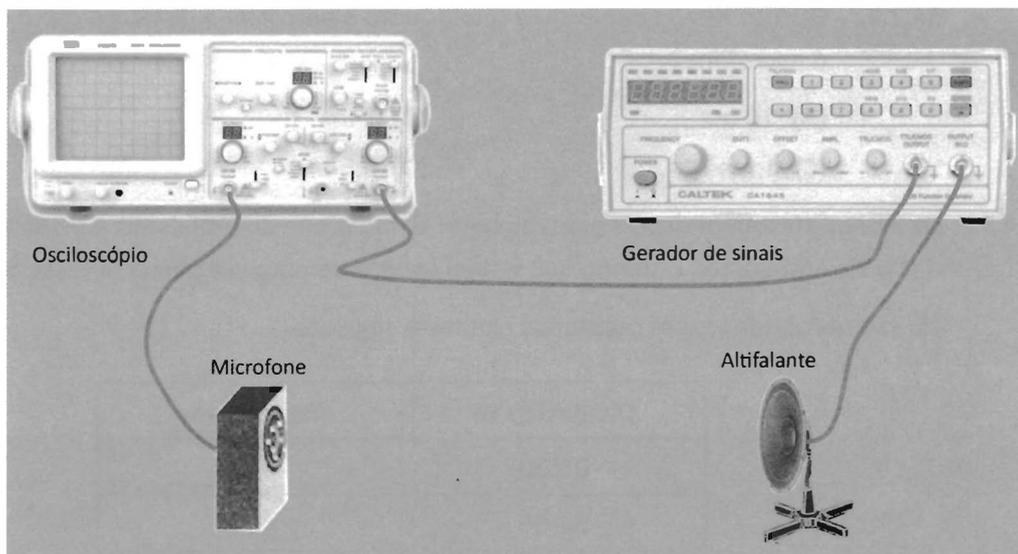
- (A) 7,5%
- (B) 8,2%
- (C) 26%
- (D) 92%

- 33.4.** O índice de refração do ar é 1,00.

Comparando, em termos das respetivas 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.

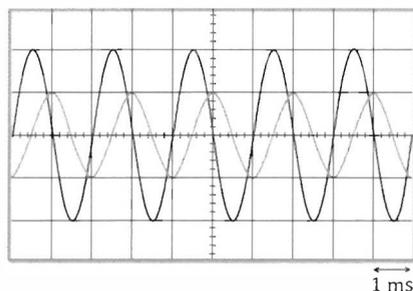
- 34.** Com o objetivo de determinar experimentalmente a velocidade de propagação do som no ar, um grupo de alunos fez uma montagem semelhante à representada na figura, na qual utilizou um osciloscópio, um gerador de sinais, um microfone, um altifalante com suporte e fios de ligação.



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.

O valor tabelado da velocidade de propagação do som no ar, nas condições em que foram realizadas as experiências, é $342,3 \text{ m s}^{-1}$.

- 34.1.** Indique a razão pela qual os alunos ligaram o altifalante ao gerador de sinais e a razão pela qual ligaram o microfone ao osciloscópio.
- 34.2.** 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.



- 34.2.1.** 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.

34.2.2. 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

34.3. Os alunos afastaram depois gradualmente o microfone do altifalante e mediram, para cada distância entre estes, o tempo que o sinal sonoro demorava a percorrer essa distância.

Os valores obtidos estão registados na tabela seguinte.

Distância / m	Tempo / ms
0,200	0,54
0,400	1,26
0,600	1,77
0,800	2,52
1,000	2,98

Determine o erro relativo, em percentagem, do valor experimental da velocidade de propagação do som no ar.

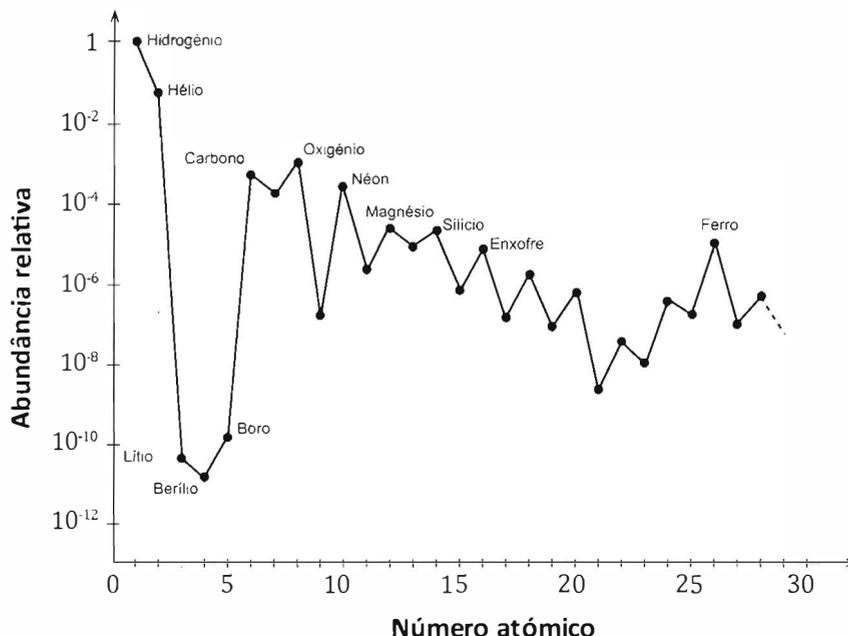
Comece por obter o valor experimental da velocidade de propagação do som no ar, em metro por segundo (m s^{-1}), a partir do declive da reta que melhor se ajusta ao conjunto de valores apresentados na tabela (utilize a calculadora gráfica).

Apresente todas as etapas de resolução.

QUÍMICA 10.º ANO

UNIDADE 1
Das estrelas ao átomo

1. O gráfico da figura representa as abundâncias relativas de alguns elementos no Universo, tomando como referência o hidrogénio.



De acordo com este gráfico,

- (A) o carbono é o terceiro elemento mais abundante no Universo.
 (B) o lítio é o metal alcalino mais abundante no Universo.
 (C) o oxigénio é cerca de dez vezes menos abundante do que o azoto.
 (D) o flúor e o cloro têm aproximadamente a mesma abundância.
2. A água não é mais do que um prato simples: a receita diz-nos para fazer reagir hidrogénio e oxigénio. O primeiro ingrediente veio diretamente do *Big Bang* logo que a matéria arrefeceu o suficiente. Ou seja, os prótons – os núcleos dos átomos de hidrogénio – condensaram-se dentro da bola de fogo cerca de um milionésimo de segundo após o nascimento do tempo e do espaço. O oxigénio é o terceiro elemento mais abundante do Universo – embora muito menos abundante do que o hidrogénio e o hélio, os quais, por terem nascido do *Big Bang*, constituem quase todo o tecido do Universo. Contudo o hélio não é reativo, é um solitário cósmico. Assim, a água é a combinação dos dois elementos reativos mais abundantes do Universo.

P. Ball, *H₂O Uma biografia da água*, Temas e Debates, 1999 (adaptado)

- 2.1. Selecione a opção que corresponde a uma afirmação correta, de acordo com o texto.
- (A) Os primeiros elementos que se formaram foram o hidrogénio e o oxigénio.
 (B) A formação do Universo resultou da explosão de uma estrela maciça.
 (C) Após o *Big Bang*, a temperatura do Universo tem vindo a aumentar.
 (D) Há um instante inicial para a contagem do tempo e a criação do espaço.

2.2. O átomo de hidrogénio no estado fundamental apresenta um eletrão na orbital 1s.

Do conjunto de números quânticos que descreve aquela orbital, o número quântico principal, n , está relacionado com

- (A) a energia da orbital.
- (B) a orientação espacial da orbital.
- (C) a simetria da orbital.
- (D) o número de eletrões na orbital.

2.3. Qual é uma configuração eletrónica possível de um átomo de oxigénio num estado excitado?

- (A) $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^1 2p_z^1$
- (B) $1s^2 2s^3 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$
- (C) $1s^2 2s^1 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^1$
- (D) $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^2$

2.4. Num átomo de oxigénio, no estado fundamental, os eletrões de valência encontram-se distribuídos apenas por orbitais com

- (A) $l = 0$
- (B) $l = 1$
- (C) $l = 0$ e $l = 1$
- (D) $l = 0, l = 1$ e $l = -1$

2.5. 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?

2.6. O enxofre e o oxigénio situam-se no mesmo grupo da tabela periódica.

O átomo de enxofre tem _____ raio atómico e _____ energia de ionização do que o átomo de oxigénio.

- (A) maior ... maior
- (B) menor ... maior
- (C) menor ... menor
- (D) maior ... menor

3. 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.

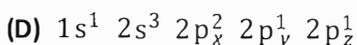
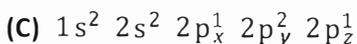
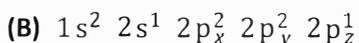
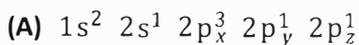
P. Atkins, *O Dedo de Galileu – As dez grandes ideias da Ciência*, Gradiva, 1.ª ed., 2007 (adaptado)

- 3.1. Como se designam os eletrões que participam nas reações químicas?
- 3.2. 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?
- 3.3. 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) $1s^2 2s^1 2p_x^2 2p_y^1$
- 3.4. Quantos valores diferenciados de energia apresentam os eletrões de um átomo de carbono no estado fundamental?
- (A) Seis (B) Quatro
- (C) Três (D) Dois
- 3.5. 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.

- 5.4. Qual é o nome do elemento químico cujos átomos formam iões binegativos que apresentam, no estado fundamental, uma configuração eletrónica igual à do átomo de néon?
6. Considere átomos de cloro no estado fundamental.
- 6.1. Num átomo de cloro, no estado fundamental, existem, no total,
- (A) cinco eletrões de valência distribuídos por três orbitais.
 - (B) cinco eletrões de valência distribuídos por duas orbitais.
 - (C) sete eletrões de valência distribuídos por duas orbitais.
 - (D) sete eletrões de valência distribuídos por quatro orbitais.
- 6.2. Uma das orbitais de valência mais energéticas de um átomo de cloro, no estado fundamental, pode ser caracterizada pelo conjunto de números quânticos
- (A) (3, 1, 0)
 - (B) (3, 0, 1)
 - (C) (3, 0, 0)
 - (D) (3, 1, 2)
- 6.3. Como se designa a energia mínima necessária para remover um eletrão de um átomo de cloro, isolado e em fase gasosa, no estado fundamental?
7. Considere a configuração eletrónica do átomo de nitrogénio no estado fundamental.
- 7.1. Quantos valores diferenciados de energia apresentam os eletrões desse átomo?
- (A) Sete.
 - (B) Cinco.
 - (C) Três.
 - (D) Dois.
- 7.2. Quantos eletrões se encontram em orbitais caracterizadas pelo número quântico secundário $l = 0$, nesse átomo?
- (A) Dois.
 - (B) Três.
 - (C) Quatro.
 - (D) Cinco.
8. «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 Eletrão*, Lisboa, Gradiva, p. 99, 2009
- 8.1. O que se designa por estado fundamental de um átomo?
- 8.2. Considere um átomo do elemento que pertence ao 2.º período e ao grupo 15 da tabela periódica. Quantos valores diferenciados de energia apresentam os eletrões de valência desse átomo no estado fundamental?
- (A) Dois.
 - (B) Três.
 - (C) Quatro.
 - (D) Cinco.

8.3. Considere um átomo do elemento cujo número atómico é 8.

Qual das configurações eletrónicas seguintes pode corresponder a esse átomo num estado excitado?



9. As potencialidades da espectroscopia, como método de análise utilizado para detetar e identificar diferentes elementos químicos, foram descobertas no século XIX, e desenvolvidas depois por vários investigadores, nomeadamente por Gustav Kirchoff que, a partir de estudos iniciados em 1859, provou a existência do sódio na atmosfera solar.

Nas lâmpadas de vapor de sódio, muito usadas nos candeeiros de iluminação pública, ocorre emissão de luz de cor amarela. A corrente elétrica, que passa através do vapor de sódio, faz deslocar os eletrões dos átomos de sódio para níveis energéticos mais elevados. Quando aqueles eletrões *descem pela escada energética*, ocorre a emissão de radiação de frequências bem definidas, originando, entre outras riscas em zonas diferenciadas do espectro eletromagnético, duas riscas brilhantes na zona do amarelo, que são características do sódio, permitindo identificá-lo.

Cada elemento químico possui, de facto, o seu próprio padrão de riscas espectrais, que funciona como uma impressão digital. Não há dois elementos com o mesmo espectro, tal como não há duas pessoas com as mesmas impressões digitais.

Fazendo a análise espectral da luz que nos chega das estrelas, captada pelos telescópios, é possível determinar as suas composições químicas. Descobriu-se, assim, que os elementos constituintes das estrelas são os mesmos que existem na Terra.

John Gribbin, *Um Guia de Ciência para quase toda a gente*, Edições Século XXI, 2002 (adaptado)
Máximo Ferreira e Guilherme de Almeida, *Introdução à Astronomia e às Observações Astronómicas*, Plátano Edições Técnicas, 6.ª edição, 2001 (adaptado)

9.1. Selecione a opção que contém os termos que preenchem os espaços seguintes, de modo a obter uma afirmação equivalente à expressão «(...) aqueles eletrões *descem pela escada energética* (...)».

Aqueles eletrões transitam de níveis energéticos _____ para níveis energéticos _____, assumindo valores _____ de energia.

(A) inferiores ... superiores ... contínuos

(B) superiores ... inferiores ... contínuos

(C) inferiores ... superiores ... discretos

(D) superiores ... inferiores ... discretos

9.2. Indique, com base no texto, o que se deverá observar no espectro de absorção do sódio, na região do visível.

9.3. Descreva como é possível tirar conclusões sobre a composição química das estrelas, a partir dos seus espectros, tendo em conta a informação dada no texto.

- 9.4. Selecione a opção que refere a substituição correta de X, de modo que a equação seguinte represente uma reação de fusão nuclear que ocorre nas estrelas.



- (A) ${}^1_1\text{H}$ (B) ${}^2_1\text{H}$
 (C) ${}^3_2\text{He}$ (D) ${}^1_0\text{n}$

- 9.5. O sódio (Na) e o magnésio (Mg) são elementos consecutivos do 3.º período da tabela periódica.

- 9.5.1. A energia de ionização do magnésio é _____ à energia de ionização do sódio, uma vez que, dado o _____ da carga nuclear ao longo do período, o raio atómico tem tendência a _____.

- (A) superior ... aumento ... diminuir
 (B) inferior ... decréscimo ... aumentar
 (C) superior ... decréscimo ... aumentar
 (D) inferior ... aumento ... diminuir

- 9.5.2. Átomos representados por ${}^{23}_{11}\text{Na}$ e ${}^{24}_{12}\text{Mg}$, no estado de energia mínima, têm o mesmo número de

- (A) orbitais completamente preenchidas.
 (B) prótons nos respetivos núcleos.
 (C) neutrões nos respetivos núcleos.
 (D) eletrões em orbitais s.

10. Na figura está representado, a preto e branco, o espectro de emissão atómico do lítio, na região do visível.

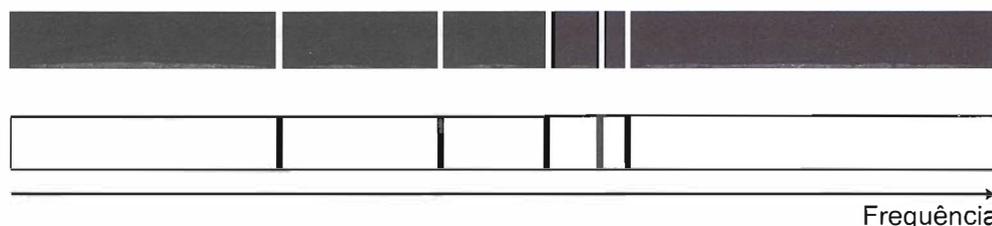


Represente, utilizando a mesma escala, o espectro de absorção atómico do lítio, na região do visível.

11. Apesar das enormes distâncias que nos separam das estrelas, os astrónomos conseguem obter uma grande quantidade de informação a partir da luz que nos chega desses astros.

11.1. A composição química da atmosfera das estrelas pode ser determinada por comparação dos espectros da radiação por elas emitida com os espectros dos elementos químicos conhecidos.

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?

11.2. A estrela Alfa A da constelação do Centauro encontra-se a uma distância de 1,32 parsec da Terra, ou seja, a 4,3 anos-luz do nosso planeta. A estrela Altair, da constelação da Águia, encontra-se a 17 anos-luz da Terra.

Qual é a expressão que permite calcular a distância da estrela Altair à Terra, em parsec (pc)?

- (A) $\frac{17 \times 1,32}{4,3}$ pc (B) $\frac{17 \times 4,3}{1,32}$ pc
- (C) $\frac{1,32}{17 \times 4,3}$ pc (D) $\frac{4,3}{17 \times 1,32}$ pc

11.3. No núcleo das estrelas ocorre um tipo de reações responsáveis pela energia por elas irradiada. Identifique esse tipo de reações.

12. Na figura, está representado o espectro da estrela Rigel na região do visível.



12.1. O espectro representado na figura resulta da sobreposição de um espectro de _____ contínuo e de um conjunto de riscas negras resultantes da _____ de radiação pelas espécies presentes na atmosfera da estrela.

- (A) absorção ... absorção (B) emissão ... emissão
- (C) absorção ... emissão (D) emissão ... absorção

12.2. O espectro de emissão do hélio atómico na região do visível apresenta, entre outras, uma risca a 587 nm e uma risca a 667 nm.

Conclua, justificando a partir da informação fornecida, se é provável que o hélio esteja presente na atmosfera da estrela Rigel.

13. Na Figura A, está representado um diagrama de níveis de energia do átomo de hidrogénio, no qual estão assinaladas algumas transições eletrónicas.

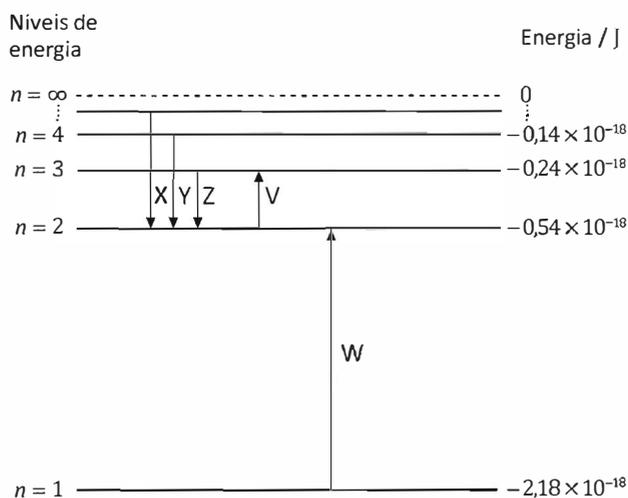


Figura A

13.1. A Figura B representa o espectro de emissão do átomo de hidrogénio.



Figura B

13.1.1. 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

13.1.2. Escreva um texto no qual analise o espectro de emissão do átomo de hidrogénio, abordando os seguintes tópicos:

- descrição sucinta do espectro;
- relação entre o aparecimento de uma qualquer risca do espectro e o fenómeno ocorrido no átomo de hidrogénio;
- razão pela qual esse espectro é descontínuo.

13.2. A energia de ionização do hidrogénio, expressa em J mol^{-1} , é

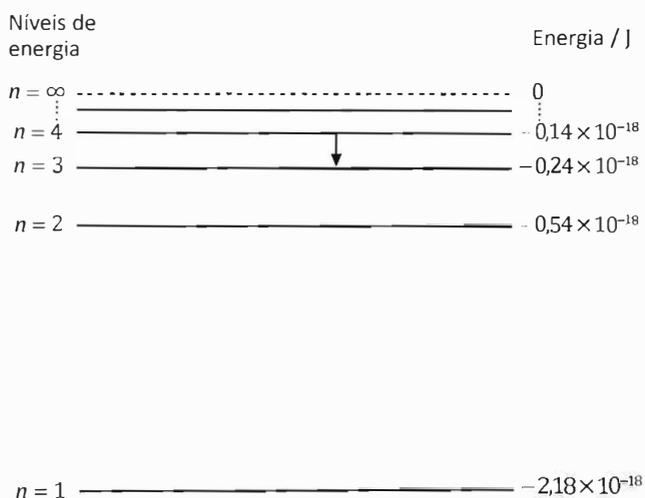
- (A) $2,18 \times 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
- (B) $7,86 \times 10^6 \text{ J mol}^{-1}$
- (C) $1,09 \times 10^5 \text{ J mol}^{-1}$
- (D) $1,31 \times 10^6 \text{ J mol}^{-1}$

Nota: item com conteúdos da unidade 2 da Química de 10.º ano

13.3. 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.

14. A figura representa o diagrama de níveis de energia do átomo de hidrogénio, no qual está assinalada uma transição eletrónica.



14.1. A variação de energia associada à transição eletrónica assinalada é

- (A) $-2,4 \times 10^{-19} \text{ J}$
- (B) $-1,4 \times 10^{-19} \text{ J}$
- (C) $-1,0 \times 10^{-19} \text{ J}$
- (D) $-3,8 \times 10^{-19} \text{ J}$

14.2. 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

14.3. 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

14.4. 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.

15. Na Figura A, está representado um diagrama de níveis de energia do átomo de hidrogénio.

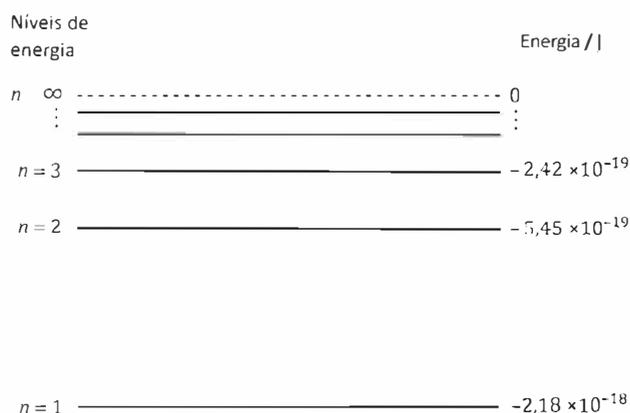


Figura A

A Figura B representa parte do espectro de emissão do átomo de hidrogénio, na região do visível.

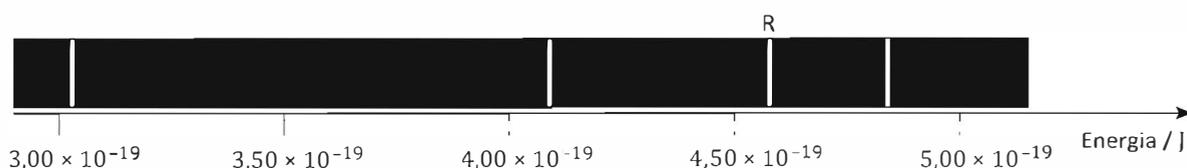


Figura B

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.

16. O espectro de emissão do átomo de hidrogénio apresenta uma risca vermelha originada por uma transição eletrónica que envolve a emissão de radiação de energia igual a $3,03 \times 10^{-19}$ J.

O número quântico principal, n , do nível energético para o qual o eletrão transita e a variação de energia, ΔE , associada a essa transição eletrónica são, respetivamente,

- (A) $n = 3$ e $\Delta E = +3,03 \times 10^{-19}$ J (B) $n = 2$ e $\Delta E = +3,03 \times 10^{-19}$ J
 (C) $n = 2$ e $\Delta E = -3,03 \times 10^{-19}$ J (D) $n = 3$ e $\Delta E = -3,03 \times 10^{-19}$ J

17. 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	$-1,40 \times 10^{-19}$

- 17.1. Qual é a energia mínima necessária para remover o eletrão de um átomo de hidrogénio no estado fundamental?

- 17.2. 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.

- 17.3. 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

18. 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

19. O cézio é um metal alcalino bastante utilizado em células fotoelétricas.

19.1. Fazendo incidir, sobre uma placa de cézio, quer radiação verde, quer radiação violeta, ocorre efeito fotoelétrico.

Justifique a afirmação seguinte.

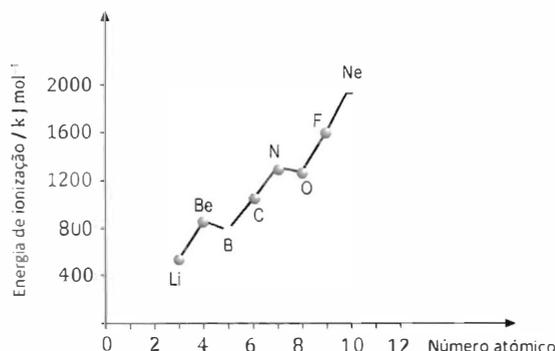
Considerando eletrões com a mesma energia de remoção, a radiação violeta provoca ejeção de eletrões com maior energia cinética do que a radiação verde.

19.2. Justifique a afirmação seguinte, com base na configuração eletrónica de valência dos átomos dos elementos considerados, no estado fundamental.

A energia de ionização do cézio (Cs) é inferior à energia de ionização do potássio (K).

20. 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.



21. 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) $O^{2+}(g)$

22. «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

22.1. 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. Um dos eletrões mais energéticos do átomo de oxigénio, no estado fundamental, pode ser caracterizado pelo conjunto de números quânticos
- (A) $(2, 0, 0, +\frac{1}{2})$ (B) $(2, 0, 1, -\frac{1}{2})$
- (C) $(2, 1, -1, +\frac{1}{2})$ (D) $(2, -1, 1, -\frac{1}{2})$
- 24.3. 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
- 24.4. 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
- 24.5. 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 $-0,24 \times 10^{-18} \text{ J}$ e $-0,54 \times 10^{-18} \text{ J}$.
25. Um dos sulfatos industrialmente mais importantes é o sulfato de sódio (Na_2SO_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).
- 25.1. 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) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$
- 25.2. Qual dos seguintes conjuntos de números quânticos pode caracterizar um dos eletrões mais energéticos do átomo de enxofre, no estado fundamental?
- (A) $(3, 2, 0, +\frac{1}{2})$ (B) $(3, 1, 1, +\frac{1}{2})$
- (C) $(3, 1, 2, +\frac{1}{2})$ (D) $(3, 2, 1, +\frac{1}{2})$

25.3. 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.

25.4. 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.

25.5. Relativamente a um átomo de enxofre e a um átomo de oxigénio, é correto afirmar que

- (A) o conjunto de números quânticos $(2, 1, 0, \frac{1}{2})$ pode caracterizar um dos eletrões de valência de qualquer dos átomos, no estado de energia mínima.
- (B) os eletrões de valência de ambos os átomos, no estado de energia mínima, se distribuem pelo mesmo número de orbitais.
- (C) os eletrões de valência de qualquer dos átomos, no estado de energia mínima, se distribuem por orbitais com $l = 1$ e com $l = 2$.
- (D) as configurações eletrónicas de ambos os átomos, no estado de energia mínima, diferem no número de eletrões de valência.

25.6. 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.

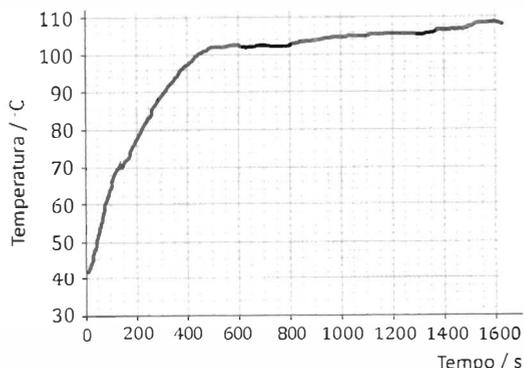
26. O iodo (I) e o flúor (F) apresentam comportamento químico semelhante, porque

- (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.

27. A água é a única substância que coexiste na Terra nas fases sólida, líquida e gasosa.

27.1. A figura representa um gráfico que traduz o modo como variou a temperatura de uma amostra de água, inicialmente em fase líquida, em função do tempo de aquecimento, à pressão de 1 atm.

A amostra de água considerada _____ impurezas, uma vez que a ebulição ocorre a uma temperatura, diferente de 100 °C, que _____ constante ao longo do tempo.



- (A) não contém ... não se mantém (B) contém ... não se mantém
 (C) contém ... se mantém (D) não contém ... se mantém

27.2. Identifique a propriedade física considerada quando se afirma que duas amostras de água com a mesma massa, uma na fase sólida e outra na fase líquida, têm volumes diferentes.

28. Com o objetivo de determinar experimentalmente a temperatura de fusão do naftaleno, alguns grupos de alunos efetuaram várias medições.

O valor tabelado da temperatura de fusão do naftaleno, nas condições em que foram realizadas as medições, é 80,0 °C.

28.1. Depois de efetuadas as medições pelos grupos de alunos, a medida da temperatura de fusão do naftaleno, expressa em função do valor mais provável e da incerteza relativa, foi $81,1 \text{ °C} \pm 1,1 \%$.

Determine o intervalo de valores no qual estará contido o valor experimental da temperatura de fusão do naftaleno.

Apresente todas as etapas de resolução.

28.2. Dois grupos de alunos, Grupo 1 e Grupo 2, realizaram três ensaios, nas mesmas condições, nos quais mediram os valores de temperatura de fusão, θ_f , do naftaleno, que se encontram registados na tabela seguinte.

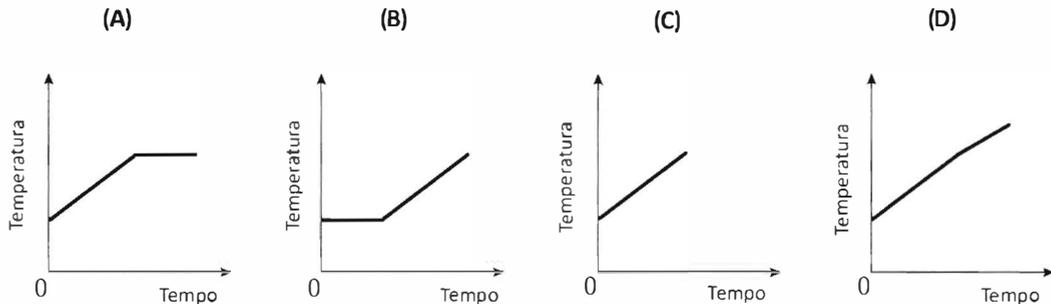
	Grupo 1	Grupo 2
Ensaio	$\theta_f / \text{°C}$	$\theta_f / \text{°C}$
1	79,4	82,6
2	80,3	82,7
3	81,4	82,5

Pode concluir-se, a partir da informação dada, que os valores medidos pelo Grupo 1, comparados com os valores medidos pelo Grupo 2, são

- (A) mais exatos e mais precisos.
 (B) mais exatos e menos precisos.
 (C) menos exatos e menos precisos.
 (D) menos exatos e mais precisos.

28.3. Considere que se forneceu energia a uma amostra pura de naftaleno no estado sólido, inicialmente à temperatura ambiente, até esta fundir completamente.

Qual é o esboço do gráfico que pode representar a temperatura do naftaleno, em função do tempo, para a situação descrita?



29. A determinação experimental de algumas propriedades físicas permite identificar substâncias e avaliar o seu grau de pureza.

Com o objetivo de identificar a substância constituinte de um cubo maciço e homogêneo, um grupo de alunos fez:

- três medições da massa, m , do cubo, usando uma balança digital;
- três medições do comprimento, l , da aresta do cubo, usando uma craveira.

Tabela 1

	Massa / g
1. ^a medição	21,43
2. ^a medição	21,39
3. ^a medição	21,41

Os alunos registraram na Tabela 1 os valores de massa medidos com a balança.

A partir das três medições do comprimento da aresta do cubo, os alunos concluíram que o valor mais provável desse comprimento é $l = 1,40$ cm.

29.1. Qual é o valor mais provável da massa do cubo?

- (A) 21,39 g (B) 21,40 g
(C) 21,41 g (D) 21,42 g

29.2. Identifique, com base nos resultados experimentais obtidos pelos alunos, qual das substâncias indicadas na Tabela 2, é provável que seja a que constitui o cubo.

Apresente todas as etapas de resolução.

Tabela 2

Substância	Densidade a 20°C / g cm ⁻³
magnésio	1,74
alumínio	2,70
ferro	7,87
cobre	8,93
chumbo	11,34
platina	21,45

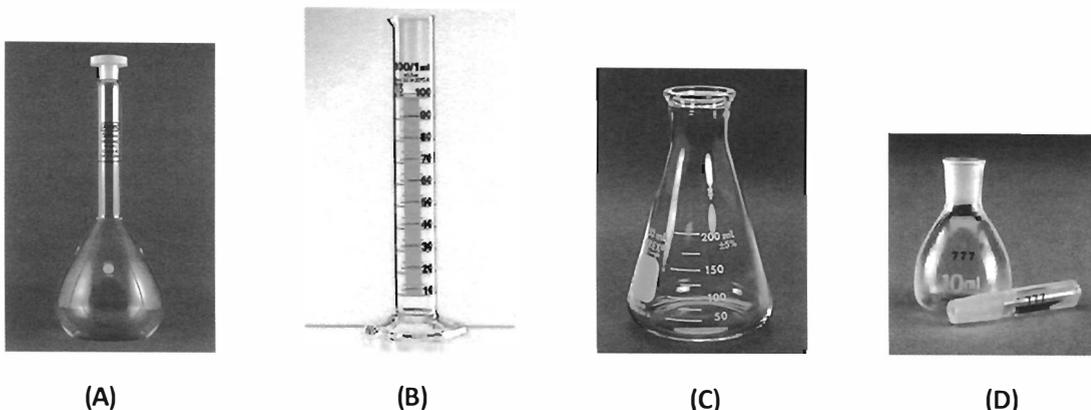
29.3. Na experiência realizada, os alunos fizeram uma determinação _____ da massa do cubo e uma determinação _____ do seu volume.

- (A) direta ... direta
- (B) direta ... indireta
- (C) indireta ... direta
- (D) indireta ... indireta

30. Considere que na sua bancada de laboratório se encontrava um frasco contendo uma solução aquosa de etanol e que o trabalho que lhe foi proposto consistia na determinação da densidade relativa daquela solução, utilizando o método do picnómetro.

30.1. Selecione a opção que apresenta a imagem de um picnómetro de líquidos.

(As imagens não estão representadas à mesma escala.)



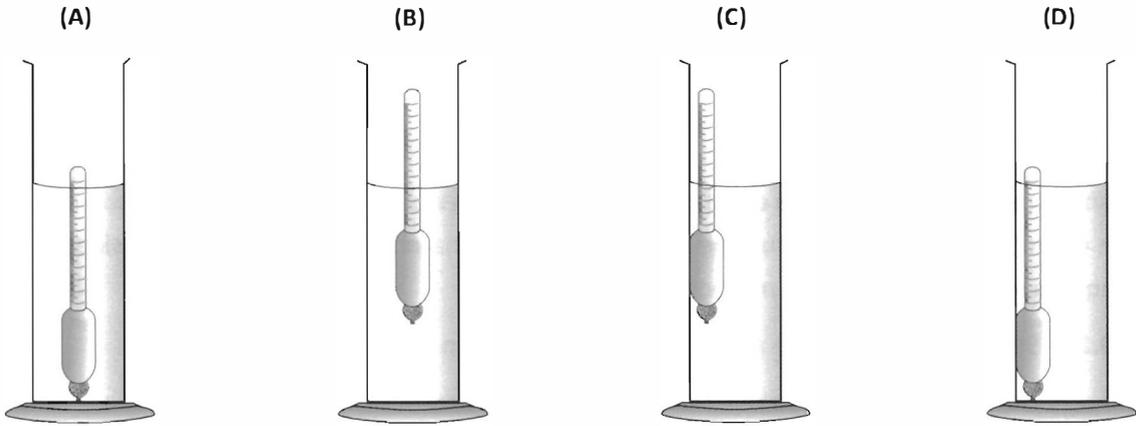
30.2. Para realizar o trabalho que lhe foi proposto, a primeira determinação que teve que efetuar foi a massa do picnómetro vazio. Em seguida, teve que determinar a massa do picnómetro cheio com a solução aquosa de etanol e a massa do picnómetro cheio com água. Estas pesagens foram realizadas à temperatura aproximada de 20 °C.

Calcule a densidade relativa da solução aquosa de etanol, com base nos valores experimentais registados na tabela seguinte.

	Massa / g
Picnómetro vazio	31,55
Picnómetro cheio com solução aquosa de etanol	111,84
Picnómetro cheio com água	130,28

Apresente todas as etapas de resolução.

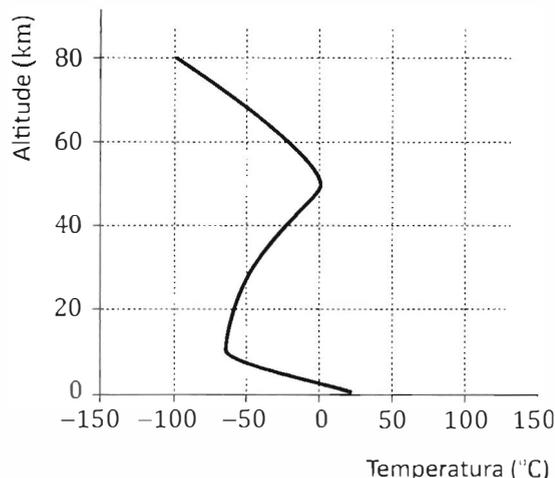
31. Pretende-se medir a densidade (ou massa volúmica) de um vinho, utilizando um densímetro.
Em qual dos esquemas seguintes se encontra corretamente representada a posição do densímetro quando se pretende efetuar aquela medição?



UNIDADE 2

Na atmosfera da Terra: radiação, matéria e estrutura

1. Na figura apresenta-se o gráfico que relaciona a temperatura da atmosfera da Terra com a altitude, até cerca de 80 km.



- 1.1. Qual é o valor aproximado da temperatura atmosférica a uma altitude de 10 km?

- (A) 0 °C
 (B) -20 °C
 (C) -60 °C
 (D) -90 °C

- 1.2. Indique, justificando com base no gráfico, quantas camadas existem na atmosfera, desde a superfície da Terra até a uma altitude de cerca de 80 km.

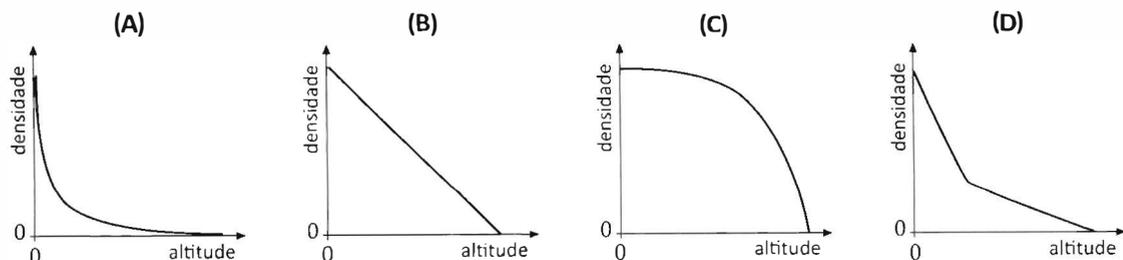
2. A atmosfera terrestre é uma faixa gasosa que cobre a superfície da Terra, sendo retida pela atração gravítica exercida pelo planeta.

Na atmosfera, a densidade e a pressão decrescem exponencialmente com a altitude. A temperatura apresenta, no entanto, uma variação mais complexa, decrescendo com o aumento da altitude em algumas camadas da atmosfera e aumentando noutras.

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 – argón, 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)

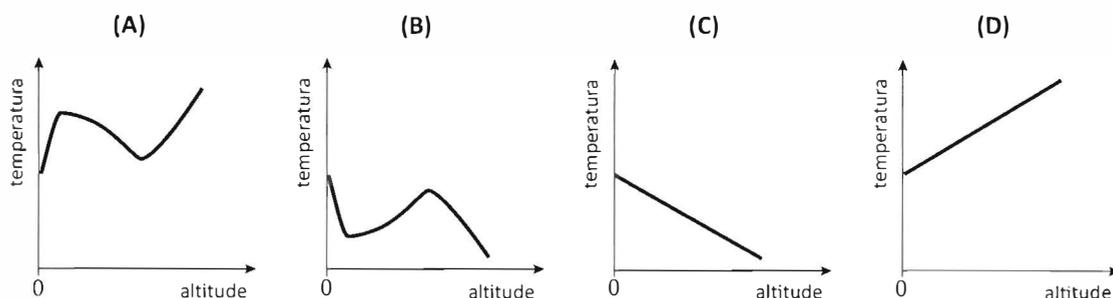
- 2.1. Qual é o esboço do gráfico que pode representar a densidade da atmosfera terrestre em função da altitude?



- 2.2. O número de moléculas de oxigénio que existem em 100 dm³ 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) $\left(\frac{100 \times 0,21}{22,4}\right) \times 6,02 \times 10^{23}$

- 2.3. Qual é o esboço do gráfico que pode representar, globalmente, a temperatura do ar na troposfera, em função da altitude?



3. Nos finais do século XVIII, elevaram-se na atmosfera os primeiros balões cheios de ar, do tipo representado na figura.

- 3.1. 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 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) $\left(\frac{800 \times 10^3}{0,21} \times V_m\right) \text{ mol}$



- 3.2. Jacques Charles (1746-1823), pioneiro do estudo dos gases, conseguiu estimar a variação da altitude de um balão, admitindo que a pressão atmosférica diminuía cerca de $1,32 \times 10^{-3} \text{ atm}$ por cada 10 m subidos.

Assim, um balão que tivesse sido largado de um local onde a pressão atmosférica fosse 1,00 atm e que se encontrasse num local onde a pressão atmosférica fosse 0,60 atm, teria subido cerca de

- (A) $1,0 \times 10^3 \text{ m}$ (B) $3,0 \times 10^3 \text{ m}$
 (C) $4,5 \times 10^3 \text{ m}$ (D) $7,5 \times 10^3 \text{ m}$

4. O oxigénio, $\text{O}_2(\text{g})$, é um dos componentes principais da atmosfera terrestre.

- 4.1. Represente a molécula O_2 , utilizando a notação de Lewis.

- 4.2. 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 $O_2(g)$, 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) $\frac{1,18 \times 10^3 \times 10^3}{6,02 \times 10^{23}} \text{ J}$

- 4.3. A energia de ionização da molécula de oxigénio é $1,9 \times 10^{-18} \text{ J}$, enquanto a sua energia de dissociação é $8,3 \times 10^{-19} \text{ J}$.

As radiações, que são absorvidas pelas espécies químicas existentes na estratosfera, têm valores de energia entre $6,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ e $9,9 \times 10^{-19} \text{ J}$.

Com base nestes dados, indique, justificando, se o processo que ocorre na estratosfera será a dissociação ou a ionização da molécula de oxigénio.

- 4.4. 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) $x_{O_2} = \frac{0,174 + 0,047 + 0,002}{0,047}$

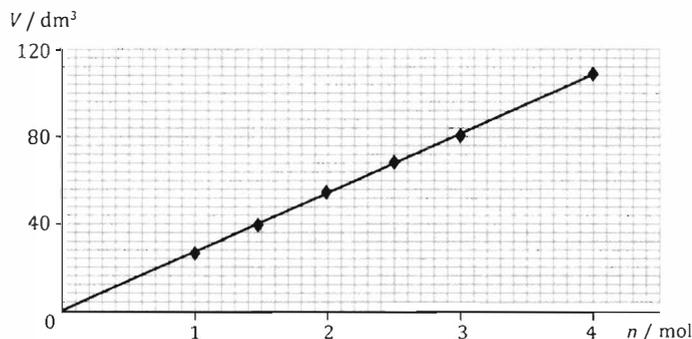
5. O nitrogénio molecular (N_2) é um gás à temperatura e pressão ambientes, sendo o componente largamente maioritário da atmosfera terrestre.

- 5.1. Considere que a energia média de ligação N – N é igual a 193 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

- 5.2. Represente a molécula de nitrogénio (N_2), utilizando a notação de Lewis.
- 5.3. 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?

- 5.4. 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) $2V_1$
- 5.5. A densidade do nitrogénio, $N_2(g)$, em condições normais de pressão e de temperatura (condições PTN), expresso 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) $\rho = \frac{28,02}{22,04}$ (D) $\rho = \frac{14,01}{22,4 \times 10^3}$
- 5.6. 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 densidade 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.
6. 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.

6.1. 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

6.2. Refira dois fatores, de natureza antropogénica, que possam justificar o aumento do teor médio de CO_2 na troposfera.

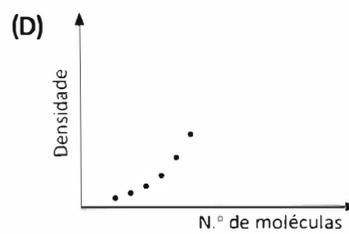
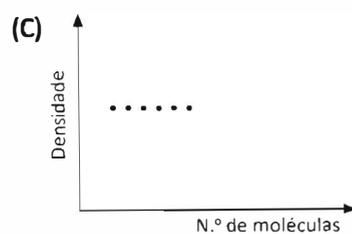
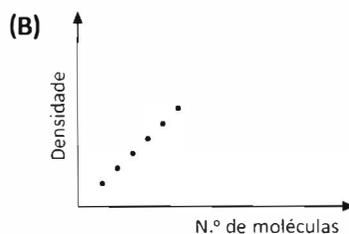
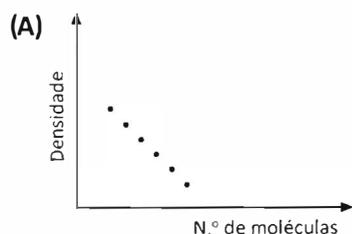
6.3. Calcule o número de moléculas de $\text{CO}_2(\text{g})$ que existem numa amostra de $10,0 \text{ dm}^3$ de ar troposférico, em condições PTN.

Apresente todas as etapas de resolução.

6.4. Qual é a percentagem, em massa, de carbono em 1 mole de moléculas de CO_2 ?

6.5. Considere várias amostras de $\text{CO}_2(\text{g})$, 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 densidade das amostras de $\text{CO}_2(\text{g})$ e o número de moléculas desse gás existentes nessas amostras?



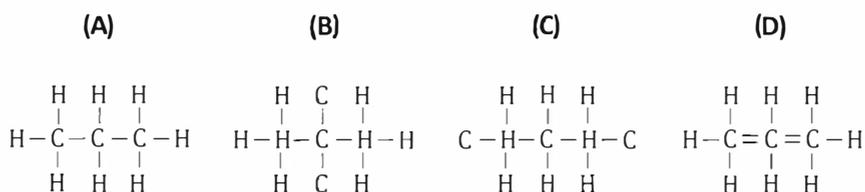
6.6. Considere que a densidade do $\text{CO}_2(\text{g})$, à pressão de 1 atm e à temperatura de 25°C , é igual a $1,80 \text{ g dm}^{-3}$.

Calcule o volume ocupado por $\frac{N_A}{2}$ moléculas de $\text{CO}_2(\text{g})$ nas condições de pressão e de temperatura referidas, sendo N_A a constante de Avogadro.

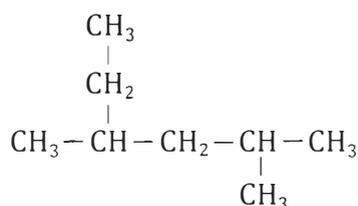
Apresente todas as etapas de resolução.

6.7. O carbono, elemento presente nas moléculas de CO_2 , dá origem a uma grande variedade de compostos orgânicos, nos quais se incluem os hidrocarbonetos saturados, também designados por alcanos.

6.7.1. Selecione a opção que corresponde à representação correta de uma molécula de propano.



6.7.2. Considere o alcano de cadeia ramificada, cuja fórmula de estrutura está representada na figura.



Qual é o nome deste alcano, de acordo com as regras da IUPAC?

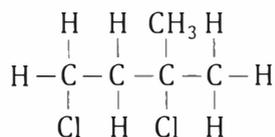
- (A) 3 - metil-heptano.
 (B) 2,4 - dimetil-hexano.
 (C) 2 - etil - 4 - metilpentano.
 (D) 3 - etil - 1,1 - dimetilbutano.

7. O ozono, $\text{O}_3(\text{g})$, existente na estratosfera tem grande importância na preservação da vida na Terra.

7.1. Qual é a radiação, nociva para os seres vivos, que é absorvida pelo ozono na estratosfera?

7.2. A emissão para a atmosfera de alguns derivados halogenados dos alcanos tem contribuído para a destruição da camada de ozono.

Qual é o nome do derivado halogenado a seguir representado, de acordo com a nomenclatura IUPAC?



- (A) 1,3 - dicloro - 1,1 - dimetilpropano
 (B) 1,3 - dicloro - 3,3 - dimetilpropano
 (C) 1,3 - dicloro - 3 - metilbutano
 (D) 2,4 - dicloro - 2 - metilbutano

7.3. Em condições normais de pressão e de temperatura (PTN), o volume ocupado por 13 g de ozono é

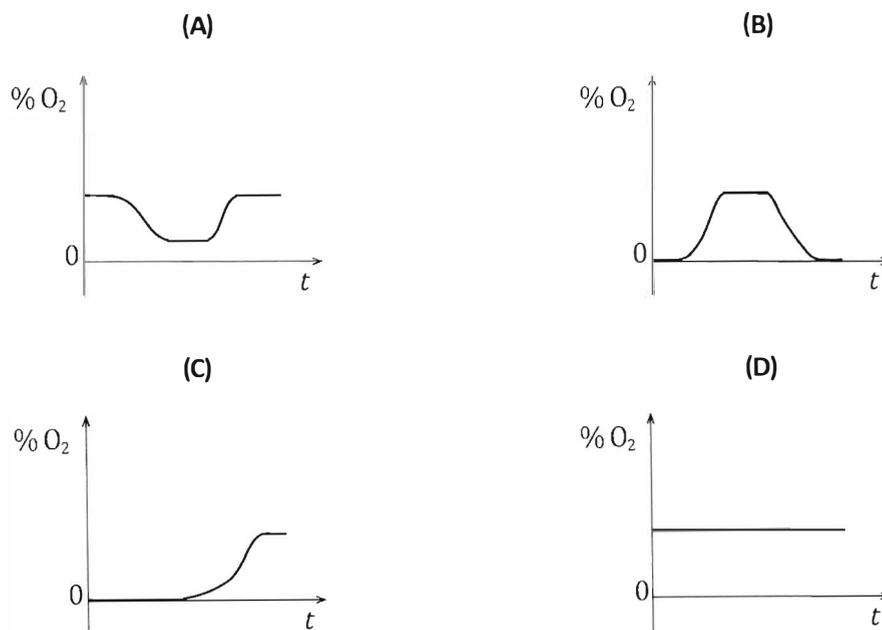
- (A) $\left(\frac{48,0}{13} \times 22,4\right) \text{ dm}^3$
 (B) $\left(\frac{13}{48,0} \times 22,4\right) \text{ dm}^3$
 (C) $\left(\frac{13}{22,4} \times 48,0\right) \text{ dm}^3$
 (D) $(13 \times 22,4 \times 48,0) \text{ dm}^3$

8. Pensa-se que a atmosfera primordial da Terra tenha sido substancialmente diferente da atmosfera atual, contendo muito pouco, ou nenhum, oxigénio, O_2 . Este terá sido libertado para a atmosfera por organismos unicelulares, como produto secundário da fotossíntese. O oxigénio terá, assim, começado a surgir na atmosfera há, pelo menos, $3,5 \times 10^9$ anos, embora os registos geoquímicos indiquem que a concentração de oxigénio na atmosfera só tenha começado a aumentar de modo significativo há $2,3 \times 10^9$ anos.

O aumento da concentração de oxigénio na atmosfera terrestre permitiu iniciar a formação da camada de ozono estratosférico, o que, por sua vez, permitiu a conquista da terra firme pelos organismos vivos. Nessa camada, moléculas de oxigénio dissociam-se, por ação da radiação ultravioleta (UV) solar. Os átomos resultantes dessa dissociação combinam-se com oxigénio molecular para formar ozono, O_3 . Este, por sua vez, ao ser dissociado pela radiação UV, produz oxigénio atómico e molecular, que acaba por se recombinar de novo.

F. D. Santos, *Que Futuro? Ciência, Tecnologia, Desenvolvimento e Ambiente*, Gradiva, 2007 (adaptado)

- 8.1. Qual é o esboço do gráfico que pode descrever a evolução da percentagem de oxigénio (% O_2) na atmosfera terrestre, ao longo do tempo, t , desde a formação da atmosfera primordial da Terra até à atualidade?



- 8.2. Identifique o fenómeno, fundamental para a vida na Terra, que ocorre na camada de ozono estratosférico.
- 8.3. Escreva as duas equações químicas que traduzem o mecanismo reacional de produção do ozono estratosférico, com base na informação dada no texto.
- 8.4. Calcule o número de átomos que existe numa amostra de 48 g de oxigénio, $O_2(g)$.

Apresente todas as etapas de resolução.

- 8.5.** 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.
- 8.6.** Considere que se representa a molécula de O_2 utilizando a notação de Lewis.
- Quantos pares de eletrões de valência não ligantes devem ser representados em cada um dos átomos de oxigénio?
- (A) Um par.
 - (B) Dois pares.
 - (C) Três pares.
 - (D) Quatro pares.

- 9.** 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)

- 9.1.** Escreva as equações químicas que traduzem as reações referidas no segundo parágrafo do texto.
- 9.2.** 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) $+1,05 \times 10^5 \times 6,02 \times 10^{23}$

- 9.3.** Explique porque é que as moléculas de oxigénio e de ozono constituem filtros da radiação UV-B na estratosfera.

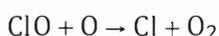
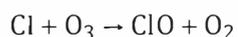
- 9.4.** Os CFC (clorofluorocarbonetos) são compostos que, interagindo com a radiação UV-B, constituem a principal fonte de radicais livres de cloro na estratosfera.

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.

- 9.5.** 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.

- 10.** 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.

- 10.1.** As reações entre o óxido de nitrogénio, NO(g), e o ozono, O₃(g), podem ser traduzidas por um mecanismo reacional (em cadeia), no qual ocorrem, sucessivamente, a destruição de uma molécula de O₃(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?



- (A) O(g) ... N₂(g) (B) O(g) ... NO(g)
 (C) O₂(g) ... NO(g) (D) O₂(g) ... N₂(g)

- 10.2.** 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.

(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) $\left(\frac{27,03 \times 5,0}{1,086}\right) \text{ mol}$

13. A água, H_2O , é uma substância vital para qualquer organismo vivo.

13.1. Qual é a geometria da molécula de água?

13.2. 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.

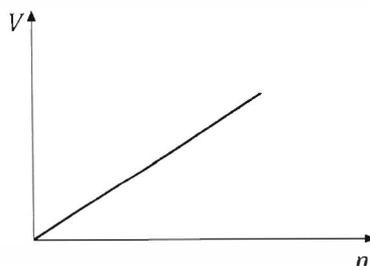
(D) existem eletrões de valência não ligantes, e existem, no total, dois eletrões ligantes.

13.3. A densidade do vapor de água, à temperatura de $100\text{ }^\circ\text{C}$ e à pressão de 1 atm , é $0,590\text{ g dm}^{-3}$. Determine o volume ocupado por $3,01 \times 10^{24}$ moléculas de H_2O , contidas numa amostra pura de vapor de água, nas condições de pressão e de temperatura referidas.

Apresente todas as etapas de resolução.

14. O dióxido de enxofre, SO_2 , e o oxigénio, O_2 , são duas substâncias com propriedades químicas diferentes, sendo ambas gasosas nas condições ambientais de pressão e de temperatura.

14.1. 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 SO_2 e O_2 se comportam como gases ideais.

Em duas amostras gasosas, uma de SO_2 e outra de 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.

14.2. 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.

15. Quantas vezes é que a densidade do $\text{SO}_3(\text{g})$ é maior do que a densidade do $\text{SO}_2(\text{g})$, nas mesmas condições de pressão e de temperatura?

Apresente o resultado com três algarismos significativos.

16. O sulfureto de hidrogénio, $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$, é um gás incolor que tem um cheiro característico a ovos podres.

- 16.1. A tabela seguinte apresenta os volumes, V , de diferentes amostras de $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$ e as respetivas massas, m , à pressão de 1 atm e à temperatura de 55 °C.

V / dm^3	m / g
3,4	4,3
6,7	8,5
10,1	12,8
13,5	17,1

Determine o volume molar do gás, nas condições de pressão e de temperatura referidas.

Comece por obter a densidade (ou massa volúmica) do gás, a partir do declive da reta que melhor se ajusta ao conjunto de valores apresentados na tabela (utilize a calculadora gráfica).

Apresente todas as etapas de resolução.

- 16.2. 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.
- 16.3. 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 H_2S em 1 kg dessa solução é

- (A) 22×10^6
 (B) 22
 (C) 22×10^{-3}
 (D) 22×10^3
- 16.4. As moléculas de H_2S e de H_2O têm ambas geometria angular, apresentando o mesmo número de eletrões de valência.

Na molécula de H_2S existem, no total, _____ eletrões de valência, sendo _____ deles

não ligantes.

- (A) oito ... dois (B) seis ... quatro
(C) seis ... dois (D) oito ... quatro

17. O gás natural, muito utilizado como combustível, é uma mistura cujo principal constituinte é o metano, CH_4 .

17.1. Um dos componentes minoritários que pode existir no gás natural é o nitrogénio, $\text{N}_2(\text{g})$.

A composição em $\text{N}_2(\text{g})$, 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) $\frac{10^2}{1,3 \times 10^6}$

17.2. A molécula CH_4 apresenta uma geometria tetraédrica.

17.2.1. Indique as posições relativas dos átomos constituintes da molécula CH_4 no tetraedro e refira o tipo de ligações que se estabelecem entre o átomo de carbono e os átomos de hidrogénio.

17.2.2. 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.

17.3. O triclorofluorometano, CFCl_3 , é um derivado halogenado do metano.

17.3.1. Na molécula 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

17.3.2. A energia média da ligação C – F é 467 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) $\frac{467 \times 10^3}{6,02 \times 10^{23}} \text{ J}$

17.4. Considere uma amostra de $8,24 \text{ mol}$ de $\text{CH}_4(\text{g})$ e uma amostra de $0,398 \text{ mol}$ de $\text{CO}(\text{g})$, 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.

17.5. Determine a quantidade total, em mol, de átomos existente numa amostra de $20,0 \text{ g}$ de metano, $\text{CH}_4(\text{g})$.

Apresente todas as etapas de resolução.

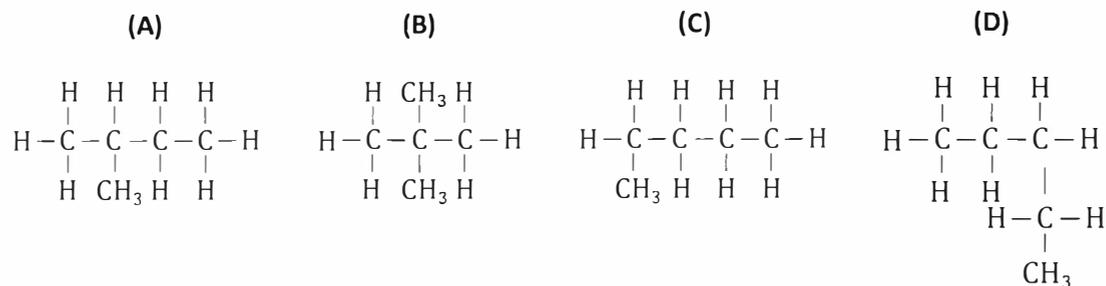
18. A composição do gás natural depende, entre outros fatores, da localização do reservatório subterrâneo a partir do qual se faz a sua extração. No entanto, o gás natural é sempre maioritariamente constituído por metano, $\text{CH}_4(\text{g})$, embora possa conter outros gases, como, por exemplo, metilbutano, dióxido de carbono, vapor de água e sulfureto de hidrogénio.

18.1. 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.

18.2. Qual das fórmulas de estrutura seguintes pode representar a molécula de metilbutano?



18.3. Explique porque é que a geometria da molécula de dióxido de carbono, CO_2 , é linear.

18.4. As moléculas de água, H_2O , e de sulfureto de hidrogénio, H_2S , apresentam geometria semelhante.

Preveja, justificando com base nas posições relativas dos elementos oxigénio e enxofre na tabela periódica, qual das ligações, H – O ou H – S, terá maior comprimento, na respetiva molécula.

19. O metano, CH₄, o etano, C₂H₆, o propano, C₃H₈, e o butano, C₄H₁₀, são gases nas condições normais de pressão e de temperatura (PTN).

Nessas condições, a densidade de um desses gases é 1,343 g dm⁻³.

Qual é o gás que apresenta esse valor de densidade?

- (A) Metano
- (B) Etano
- (C) Propano
- (D) Butano

20. O etino, C₂H₂, é um hidrocarboneto, de fórmula de estrutura

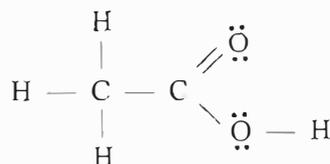


- 20.1. Classifique, justificando, a ligação que se estabelece entre os átomos de carbono, na molécula considerada.

- 20.2. Comparando as ligações C – C e C ≡ C, a ligação C ≡ 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.

21. A molécula de CH₃COOH pode ser representada através da notação de Lewis por



- 21.1. A molécula de CH₃COOH apresenta, no total,

- (A) 24 eletrões de valência.
- (B) 16 eletrões de valência.
- (C) 12 eletrões de valência.
- (D) 8 eletrões de valência.

- 21.2. Quantos átomos de hidrogénio existem em 5,0 moles de moléculas de ácido acético, CH₃COOH?

- (A) $2,4 \times 10^{25}$
- (B) $3,0 \times 10^{24}$
- (C) $2,4 \times 10^{24}$
- (D) $1,2 \times 10^{25}$

22. 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 kJ mol^{-1} , enquanto o valor relativo à outra ligação é 891 kJ mol^{-1} . Em relação ao comprimento médio dessas ligações, para uma o valor é 116 pm, enquanto para a outra é 143 pm.

O valor da energia média da ligação tripla carbono – nitrogénio é _____, e o valor do comprimento médio dessa ligação é _____.

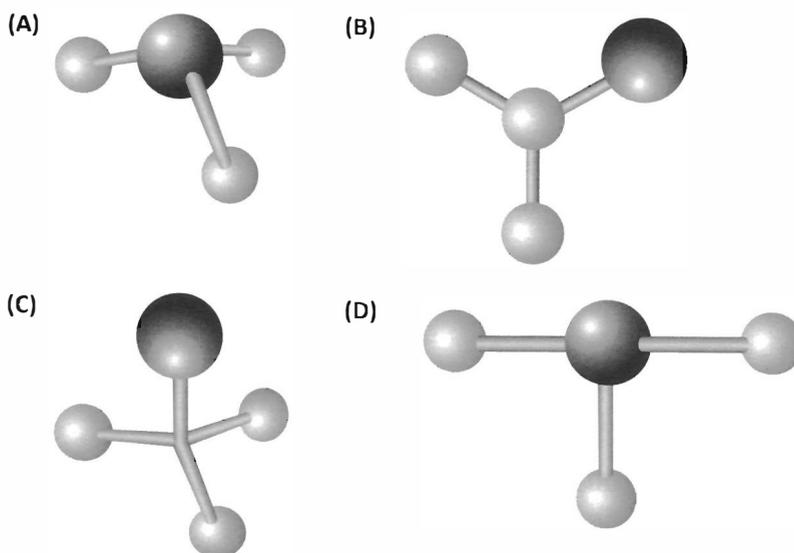
- (A) 276 kJ mol^{-1} ... 116 pm
(B) 276 kJ mol^{-1} ... 143 pm
(C) 891 kJ mol^{-1} ... 116 pm
(D) 891 kJ mol^{-1} ... 143 pm
23. O ião cianeto, CN^- , constituído pelos elementos químicos carbono e nitrogénio, é muito tóxico.
- 23.1. O ião cianeto apresenta, no total, o mesmo número de eletrões que a molécula N_2 .
O ião 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.
- 23.2. 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 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.
24. Nas mesmas condições de pressão e de temperatura, o volume ocupado por 4,00 g de hélio, $\text{He}(\text{g})$, é aproximadamente _____ volume ocupado por 4,00 g de hidrogénio, $\text{H}_2(\text{g})$.
- (A) igual ao
(B) o dobro do
(C) metade do
(D) o quádruplo do

25. O amoníaco, $\text{NH}_3(\text{g})$, é um composto molecular que se encontra em fase gasosa à temperatura e pressão ambientes.

25.1. A representação da molécula de 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.

25.2. Qual das opções seguintes pode representar um modelo tridimensional da molécula de NH_3 que evidencie as ligações que se estabelecem entre os átomos?



25.3. Atendendo apenas à estequiometria do composto, a molécula 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.

25.4. Considere que a densidade do $\text{NH}_3(\text{g})$ nas condições normais de pressão e de temperatura é 1,08 vezes maior do que a densidade desse gás à pressão e à temperatura ambientes.

Determine o número de moléculas de amoníaco que existem numa amostra pura de 200 cm^3 de $\text{NH}_3(\text{g})$, à pressão e à temperatura ambientes.

Apresente todas as etapas de resolução.

25.5. Considere que a densidade do amoníaco, à pressão de 0,989 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 cm^3 desse gás, naquelas condições de pressão e de temperatura.

Apresente todas as etapas de resolução.

29. 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 ₂	0,0596
Na ₂ SO ₄	0,02856
KCl	0,01
CaCl ₂	0,005

Fonte: *Boletim da Sociedade Portuguesa de Química*,
n.º 101, Abril-Junho 2006

- 29.1. Selecione a opção que identifica o ião presente em maior quantidade na água do mar.

- (A) Na⁺
(B) Cl⁻
(C) SO₄²⁻
(D) Ca²⁺

- 29.2. Qual é a expressão que permite calcular a composição, em ião sulfato, SO₄²⁻, ($M = 96,07 \text{ g mol}^{-1}$), 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) $\left(\frac{0,02856 \times 96,07}{10^3} \times 10^6 \right) \text{ ppm}$

- 29.3. Atendendo apenas à estequiometria do composto, a molécula H₂O 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.

30. 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_4^{2-} , de 6,0 ppm (m/m).

Calcule a quantidade de ião SO_4^{2-} que existia naquela amostra de solução.

Apresente todas as etapas de resolução.

31. O $\text{SO}_3(\text{g})$ é usado na preparação do ácido sulfúrico comercial, por reação com vapor de água. Considere que se obtém uma solução concentrada de ácido sulfúrico, de densidade $1,84 \text{ g cm}^{-3}$, que contém 98%, em massa, de H_2SO_4 .

Determine a massa de H_2SO_4 que existe em 100 cm^3 da solução.

Apresente todas as etapas de resolução.

32. 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 $4,50 \text{ mol dm}^{-3}$.

- 32.1. 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

- 32.2. A densidade 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°C .

Qual das expressões seguintes permite calcular a quantidade de ácido acético que existe em 100 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) $\left(\frac{0,50 \times 1,0025 \times 10^3}{100}\right) \text{ mol}$

33. O grau de acidez de um vinagre é expresso em termos da massa de ácido acético, CH_3COOH ($M = 60,06 \text{ g mol}^{-1}$), em gramas, dissolvida em 100 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.

34. A cafeína é um composto químico que se encontra, por exemplo, no café, no chocolate e em alguns refrigerantes.

34.1. Estudos realizados sobre os efeitos da cafeína na saúde dos seres humanos sugerem que, no caso de um adulto saudável, se a dose diária ingerida não ultrapassar 300 mg, o consumo daquele composto não apresenta, em geral, riscos.

Considere o caso de um adulto saudável que beba, diariamente, duas chávenas de café expresso, o que corresponde à ingestão de 60 mg de cafeína, e que consuma, também diariamente, um refrigerante cujo teor em cafeína seja igual a $138,2 \text{ mg dm}^{-3}$.

Calcule o número de latas de 0,33 L desse refrigerante que poderão ser ingeridas por dia, para além dos dois cafés, sem que seja ultrapassado o limite diário acima referido.

Apresente todas as etapas de resolução.

34.2. Muitos dos refrigerantes que contêm cafeína são gaseificados por adição de $\text{CO}_2(\text{g})$, sob pressão.

34.2.1. Na molécula de CO_2 , existem

- (A) duas ligações covalentes duplas.
- (B) apenas dois pares de eletrões não ligantes.
- (C) apenas dois pares de eletrões ligantes.
- (D) duas ligações covalentes simples.

34.2.2. Qual é a geometria da molécula de CO_2 ?

34.2.3. Sendo N_A a Constante de Avogadro, considere que $\frac{N_A}{2}$ moléculas de $\text{CO}_2(\text{g})$ ($M = 44,01 \text{ g mol}^{-1}$) ocupam um volume igual a $12,2 \text{ dm}^3$, à pressão de 1 atm e à temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Calcule a densidade do $\text{CO}_2(\text{g})$, expressa em g dm^{-3} , nessas condições de pressão e de temperatura.

Apresente todas as etapas de resolução.

35. O metilmercúrio, quando em solução aquosa, pode entrar na cadeia alimentar, originando intoxicações.

35.1. Nos seres humanos, a concentração mínima de metilmercúrio ($M = 215,63 \text{ g mol}^{-1}$) no sangue, normalmente associada ao aparecimento de sintomas de intoxicação, é $0,20 \text{ mg/L}$.

Indique o valor desta concentração, expresso em mol dm^{-3} .

35.2. Cada ser humano não deve ingerir, em média, por dia, um valor superior a $2,3 \times 10^{-4} \text{ mg}$ de metilmercúrio por quilograma da sua massa corporal.

Analisou-se uma amostra de $25,0 \text{ g}$ de peixe, originária de uma remessa que ia ser comercializada, verificando-se que continha $1,0 \times 10^{-2} \text{ mg}$ de metilmercúrio.

Mostre que a ingestão de 125 g daquele peixe pode provocar intoxicação numa pessoa de 60 kg .

Apresente todas as etapas de resolução.

36. Nos laboratórios de Química é frequente a utilização de soluções aquosas de hidróxido de sódio, NaOH(aq).

36.1. Para uma determinada atividade experimental, um grupo de alunos tem de preparar 250 cm³ de uma solução aquosa de hidróxido de sódio, NaOH, com a concentração de 2,00 mol dm⁻³. Calcule a massa de hidróxido de sódio sólido que os alunos devem medir para preparar essa solução. Apresente todas as etapas de resolução.

36.2. Uma outra solução aquosa de hidróxido de sódio, NaOH(aq) ($M = 40,00 \text{ g mol}^{-1}$), contém 20%, em massa, de soluto. A densidade da solução é 1,219 g cm⁻³. Determine a concentração, em mol dm⁻³, desta solução. Apresente todas as etapas de resolução.

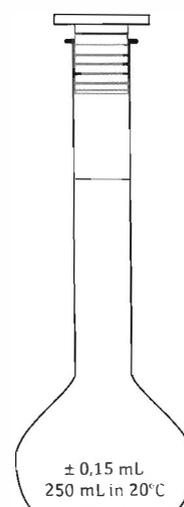
37. A preparação de soluções aquosas de uma dada concentração é uma atividade muito comum, quando se trabalha num laboratório químico.

No decurso de um trabalho laboratorial, um grupo de alunos preparou, com rigor, 250,00 cm³ de uma solução aquosa, por pesagem de uma substância sólida.

37.1. Na figura está representado um balão volumétrico calibrado de 250 mL, semelhante ao utilizado pelos alunos na preparação da solução.

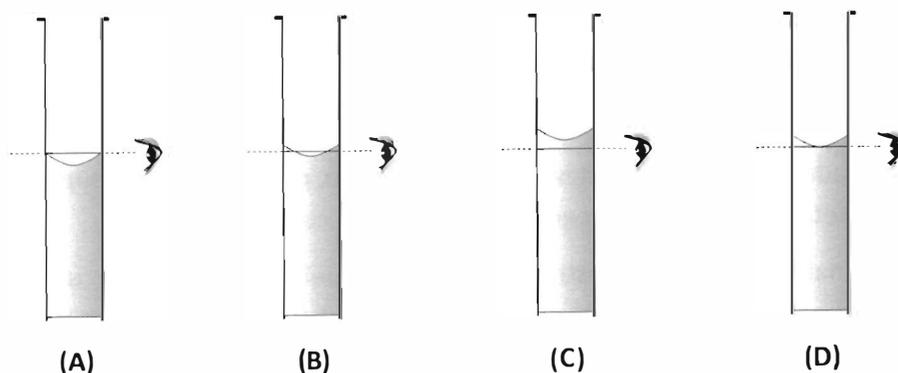
No balão estão indicadas a sua capacidade, a incerteza associada à sua calibração e a temperatura à qual esta foi efetuada.

No colo do balão está marcado um traço de referência em todo o perímetro.



37.1.1. 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.

37.1.2. 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.



- 37.2.** O grupo de alunos teve que preparar, com rigor, 250,00 cm³ de solução de tiosulfato de sódio penta-hidratado, Na₂S₂O₃ · 5 H₂O(aq) (*M* = 248,22 g mol⁻¹), de concentração 3,00 × 10⁻² 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.

- 37.3.** Considere que os alunos prepararam ainda, com rigor, 50,00 cm³ de uma solução de concentração 6,00 × 10⁻³ mol dm⁻³, por diluição da solução 3,00 × 10⁻² mol dm⁻³ de tiosulfato de sódio penta-hidratado.

- 37.3.1.** O volume, expresso em cm³, 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) $V = \frac{6,00 \times 10^{-3}}{50,00 \times 3,00 \times 10^{-2}} \text{ cm}^3$

- 37.3.2.** 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

- 38.** No laboratório, um aluno preparou, com rigor, uma solução aquosa de cloreto de sódio, a partir do reagente sólido.

- 38.1.** 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

38.2. O volume de solução preparada foi $250,0 \text{ cm}^3$.

Apresente o valor acima referido expresso em dm^3 , mantendo o número de algarismos significativos.

38.3. 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 $5,71 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$.

38.3.1. 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.

38.3.2. Descreva o procedimento experimental seguido na preparação da solução diluída de cloreto de sódio, referindo, sequencialmente, as três principais etapas envolvidas nesse procedimento.

39. Numa atividade laboratorial, um grupo de alunos preparou, com rigor, $100,00 \text{ cm}^3$ de uma solução aquosa de sulfato de cobre (II), 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.

39.1. Calcule a massa de sulfato de cobre penta-hidratado que foi necessário medir, para preparar essa solução.

Apresente todas as etapas de resolução.

39.2. 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*.

39.3. 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.

39.4. 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.

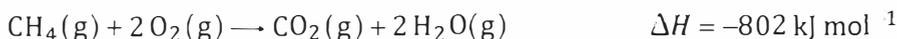
QUÍMICA 11.º ANO

UNIDADE 1

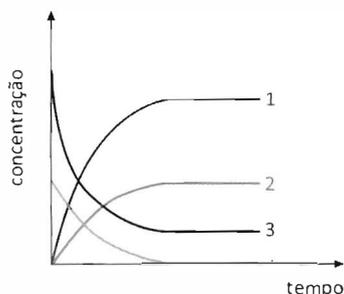
**Química e indústria:
equilíbrios e desequilíbrios**

1. O metano (principal constituinte do gás natural) e o butano são combustíveis muito utilizados.

1.1. A combustão completa do metano, CH_4 , pode ser representada por:



1.1.1. 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 – CO_2 | 2 – H_2O | 3 – O_2 | 4 – CH_4 |
| (B) | 1 – H_2O | 2 – CO_2 | 3 – O_2 | 4 – CH_4 |
| (C) | 1 – H_2O | 2 – CO_2 | 3 – CH_4 | 4 – O_2 |
| (D) | 1 – CO_2 | 2 – H_2O | 3 – CH_4 | 4 – O_2 |

1.1.2. 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.

1.1.3. Considere que foi utilizado metano para aquecer uma amostra de água de massa $0,500 \text{ kg}$.

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 $1,00 \text{ g}$ de metano, CH_4 ($M = 16,05 \text{ g mol}^{-1}$), que sofreu combustão.

Apresente todas as etapas de resolução.

$$C_{\text{água}} \text{ (capacidade térmica mássica da água)} = 4,186 \times 10^3 \text{ J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

Nota: item com conteúdos da unidade 1 da Física de 10.º ano

1.2. 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. O etanol, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ($M = 46,08 \text{ g mol}^{-1}$), pode reagir com o cloro, Cl_2 ($M = 70,90 \text{ g mol}^{-1}$), formando-se um composto orgânico denominado cloral, CCl_3CHO ($M = 147,38 \text{ g mol}^{-1}$), e cloreto de hidrogénio, $\text{HCl}(\text{g})$. A reação pode ser traduzida por



2.1. Considere que se fez reagir 3,0 mol de etanol com 10,0 mol de cloro.

Identifique, justificando, o reagente limitante.

2.2. Determine, numa outra situação, a massa de etanol que é necessário fazer reagir para se obter, na prática, 1,5 kg de cloral, admitindo que aquela reação apresenta um rendimento médio de 30%.

Apresente todas as etapas de resolução.

2.3. Considere que a energia necessária para dissociar uma mole de moléculas de $\text{Cl}_2(\text{g})$ é 242,7 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) $-242,7 \text{ kJ}$

Nota: item da unidade 2 da Química de 10.º ano

3. O ácido acético ($M = 60,06 \text{ g mol}^{-1}$) pode formar-se a partir do etanal, CH_3CHO ($M = 44,06 \text{ g mol}^{-1}$), segundo uma reação que pode ser traduzida por



3.1. Considere uma amostra impura de CH_3CHO , de massa $1,0 \times 10^3 \text{ g}$, que contém 64% (em massa) de CH_3CHO .

Qual das expressões seguintes permite calcular a massa, em gramas (g), de CH_3COOH que se poderia formar a partir da reação de todo o CH_3CHO 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) $\left(\frac{64 \times 44,06 \times 10^3}{60,06}\right) \text{ g}$

- 3.2.** Admita agora que, noutras condições, o rendimento da reação considerada é 85%.

Determine a massa de CH_3CHO que tem de reagir para que se possa obter, na prática, 15 g de CH_3COOH .

Apresente todas as etapas de resolução.

- 4.** A corrosão dos metais é um fenómeno que ocorre frequentemente.

- 4.1.** 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.

- 4.2.** Uma moeda de cobre de massa 4,10 g foi introduzida numa solução aquosa de nitrato de prata, $\text{AgNO}_3(\text{aq})$. 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.

- 4.3.** 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 cm^3 .

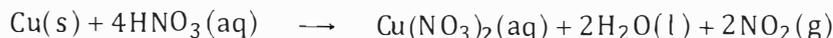
A 100 cm^3 da solução adicionou-se ácido clorídrico, $\text{HCl}(\text{aq})$, em excesso, de modo que toda a prata existente em solução precipitasse na forma de cloreto de prata, AgCl ($M = 143,32 \text{ g mol}^{-1}$).

O precipitado de 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.

- 4.4. 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 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.

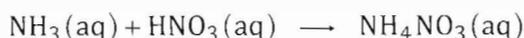
5. A decomposição térmica do clorato de potássio, $\text{KClO}_3(s)$ ($M = 122,55 \text{ g mol}^{-1}$), é traduzida por



Qual é a quantidade de cloreto de potássio, $\text{KCl}(s)$, 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
6. O nitrato de amónio, NH_4NO_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.

- 6.1. 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.

- 6.2. 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.

7. Uma das reações envolvidas na preparação do ácido sulfúrico, $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$, é a reação do dióxido de enxofre, $\text{SO}_2(g)$, com o oxigénio, $\text{O}_2(g)$, na presença de um catalisador, formando-se trióxido de enxofre, $\text{SO}_3(g)$.

- 7.1. Escreva a equação química que traduz aquela reação (considere que a reação é reversível).

7.2. A reação de formação do $\text{SO}_3(\text{g})$ é exotérmica.

Conclua, justificando, qual é o efeito, na concentração de $\text{SO}_3(\text{g})$, do aumento da temperatura do sistema em equilíbrio, admitindo que a pressão se mantém constante.

7.3. A reação de formação do $\text{SO}_3(\text{g})$ dá-se na presença de um catalisador cujo papel consiste em

- (A) aumentar a quantidade de produto obtida.
- (B) aumentar a rapidez das reações direta e inversa.
- (C) tornar a reação completa.
- (D) tornar a reação mais extensa.

7.4. A última fase da preparação do ácido sulfúrico consiste em fazer reagir o $\text{SO}_3(\text{g})$ com vapor de água, obtendo-se uma solução concentrada de ácido sulfúrico. Considere que a concentração desta solução é $18,3 \text{ mol dm}^{-3}$.

Determine o volume de solução concentrada que teria de ser utilizado para preparar $250,0 \text{ cm}^3$ de uma solução aquosa de ácido sulfúrico de concentração $0,50 \text{ mol dm}^{-3}$.

Apresente todas as etapas de resolução.

Nota: item da unidade 2 da Química de 10.º ano

8. 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

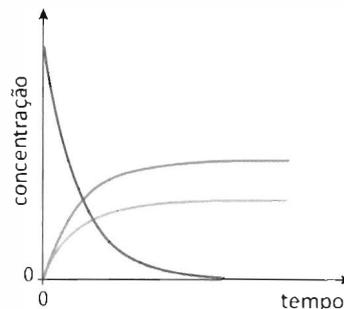
8.1. Identifique uma das «propriedades macroscópicas» a que o texto se refere.

8.2. 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.

- 8.3. 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.



- 8.4. «[...] 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 da unidade 1 da Física de 10.º ano

9. O hidrogénio é produzido industrialmente a partir do metano, segundo uma reação que pode ser representada por



- 9.1. 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 / mol dm ³
CH ₄	5,00
H ₂ O	5,00
H ₂	12,0

Calcule a concentração de equilíbrio de monóxido de carbono, CO(g), à temperatura T .

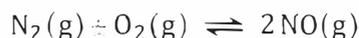
Apresente todas as etapas de resolução.

- 9.2. Conclua, justificando, qual é o efeito, na quantidade de H₂(g), da diminuição da pressão provocada por um aumento do volume do sistema em equilíbrio, admitindo que a temperatura se mantém constante.
- 9.3. Calcule o volume de hidrogénio que se obtém, medido em condições PTN, considerando a reação completa de 960 kg de metano, CH₄(g) ($M = 16,04 \text{ g mol}^{-1}$), com excesso de vapor de água.

Apresente todas as etapas de resolução.

10. 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 / K	K_c
2000	$1,98 \times 10^{-2}$
2250	$3,64 \times 10^{-2}$
2500	$5,90 \times 10^{-2}$

- 10.1. 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.

- 10.2. Faça uma estimativa do valor da constante de equilíbrio da reação de formação do $\text{NO}(\text{g})$, à temperatura de 2400 K, a partir dos valores da tabela acima.

Utilize a máquina de calcular gráfica, assumindo uma variação linear entre as grandezas consideradas.

Apresente o valor estimado com três algarismos significativos.

- 10.3. 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 _____.

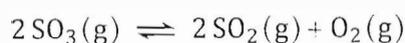
- (A) inversa ... exotérmica
 (B) direta ... endotérmica
 (C) inversa ... endotérmica
 (D) direta ... exotérmica

11. Considere um recipiente de 1,0 L contendo inicialmente apenas cloreto de nitrosilo, NOCl(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 NOCl(g), 0,70 mol de NO(g) e ainda uma certa quantidade de Cl₂(g), à temperatura *T*.

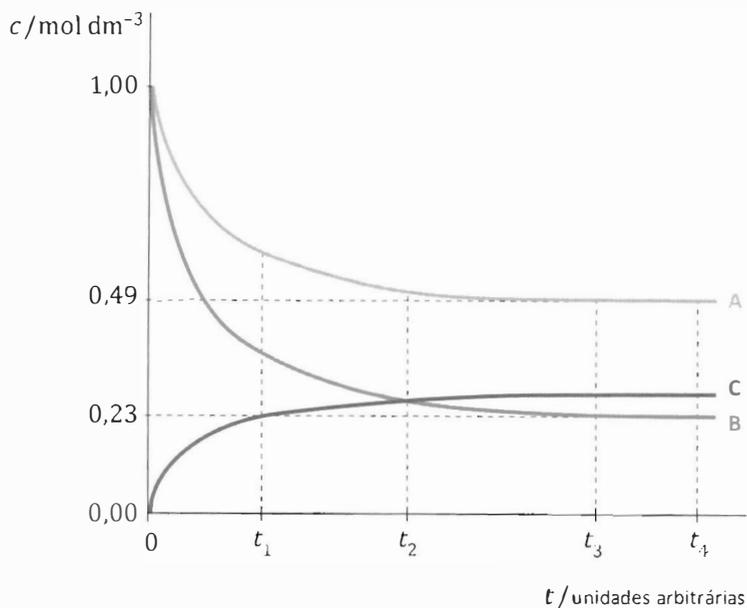
- 11.1. Determine a constante de equilíbrio da reação de decomposição do NOCl(g), à temperatura *T*. Apresente todas as etapas de resolução.
- 11.2. Obtém-se um valor diferente da constante de equilíbrio, para a reação considerada, partindo
- (A) da mesma concentração inicial de NOCl(g), mas alterando a temperatura do sistema em equilíbrio.
 - (B) de uma concentração inicial diferente de NOCl(g), mas mantendo a temperatura do sistema em equilíbrio.
 - (C) de concentrações iniciais diferentes de NO(g) e de Cl₂(g), mas da mesma concentração inicial de NOCl(g).
 - (D) de concentrações iniciais diferentes de NOCl(g), de NO(g) e de Cl₂(g).
- 11.3. Conclua, justificando, como deverá variar o rendimento da reação de decomposição do NOCl(g) se se aumentar a pressão do sistema, por diminuição do volume do recipiente, mantendo-se a temperatura constante.
12. O trióxido de enxofre, SO₃, pode decompor-se, em fase gasosa, originando dióxido de enxofre, SO₂, e oxigênio, O₂. A reação pode ser traduzida por



- 12.1. Considere que num recipiente de 2,0 dm³ se introduziram 4,0 mol de SO₃(g), à temperatura *T*. Depois de o sistema químico atingir o equilíbrio, verificou-se que apenas 40% da quantidade inicial de SO₃(g) tinha reagido.
- Determine a constante de equilíbrio, *K_c*, da reação considerada, à temperatura *T*.
- Apresente todas as etapas de resolução.
- 12.2. A reação de decomposição do SO₃(g) é uma reação endotérmica, em que o sistema químico absorve 9,82 × 10⁴ J por cada mole de SO₃ que se decompõe.
- A variação de energia, em joule (J), associada à decomposição de duas moles de SO₃(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) $-\left(\frac{9,82 \times 10^4}{2}\right) \text{ J}$

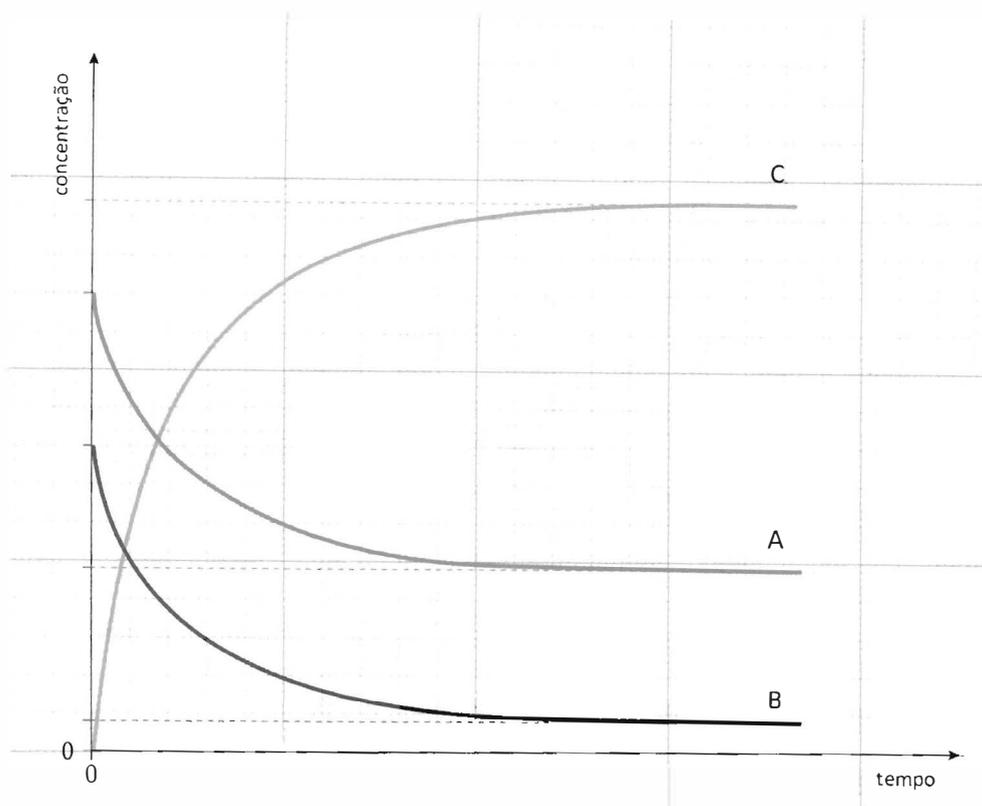
13. As curvas representadas no gráfico da figura traduzem a concentração, c , ao longo do tempo, t , das espécies A, B e C que intervêm numa reação química em fase gasosa. O sistema químico atinge um estado de equilíbrio a uma temperatura T .



- 13.1. 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
- 13.2. 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
- 13.3. 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.

14. 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 .



- 14.1. 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 ⁻³
A	0,144
B	0,0238
C	0,432

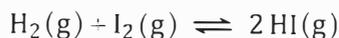
Determine a constante de equilíbrio, K_c , da reação considerada, à temperatura T .

Apresente todas as etapas de resolução.

- 14.2. Considere que a reação de formação da espécie C é uma reação exotérmica.

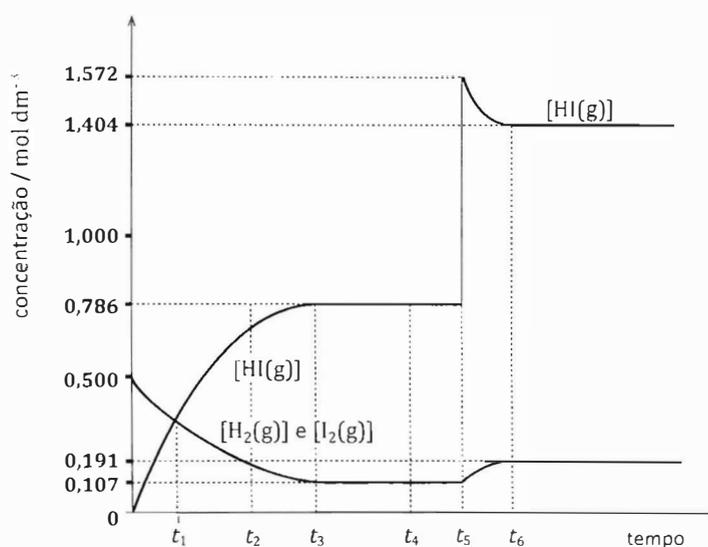
Conclua, justificando, como variará a constante de equilíbrio, K_c , da reação considerada se a temperatura aumentar.

15. 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.



- 15.1. 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

- 15.2. Escreva a expressão que traduz a constante de equilíbrio, K_c , da reação em causa.

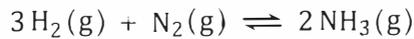
Calcule o valor dessa constante, à temperatura referida.

Apresente todas as etapas de resolução.

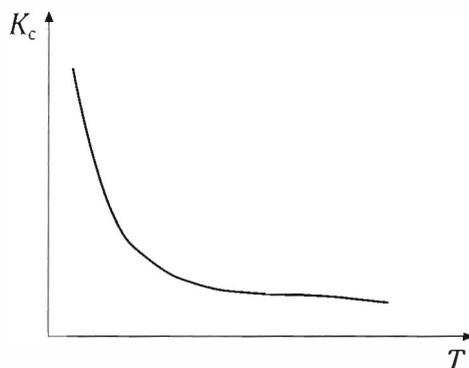
- 15.3. O valor da constante de equilíbrio de uma reação química _____ das concentrações iniciais de reagentes e de produtos da reação, dá informação sobre a _____ da reação e _____ com a temperatura à qual a reação ocorre.

- (A) depende ... extensão ... varia
 (B) não depende ... velocidade ... não varia
 (C) não depende ... extensão ... varia
 (D) depende ... velocidade ... não varia

16. O amoníaco, 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



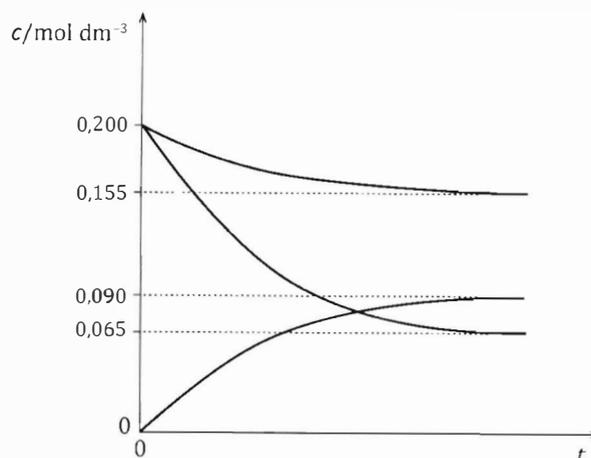
- 16.1. Fazendo reagir 6 moles de $\text{H}_2(\text{g})$ com 3 moles de $\text{N}_2(\text{g})$, seria possível obter
- (A) 4 moles de $\text{NH}_3(\text{g})$, sendo o $\text{N}_2(\text{g})$ o reagente limitante.
 - (B) 4 moles de $\text{NH}_3(\text{g})$, sendo o $\text{H}_2(\text{g})$ o reagente limitante.
 - (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.
- 16.2. Considere que a variação de energia associada à formação de 2 moles de amoníaco, a partir da reação acima indicada, é -92 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 $(12 \times 92) \text{ kJ}$.
- 16.3. 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.

16.4. 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.



16.4.1. Qual é o valor do quociente da reação no instante inicial?

16.4.2. Calcule o rendimento da reação de síntese.

Apresente todas as etapas de resolução.

16.5. 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°C . A essa temperatura, a constante de equilíbrio da reação é $K_c = 0,30$.

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.

17. O dióxido de enxofre reage com o oxigénio, de acordo com a seguinte equação química:



17.1. Considere que, à temperatura T , foram introduzidas, num recipiente com $1,0 \text{ L}$ de capacidade, $0,8 \text{ mol}$ de $\text{SO}_2(\text{g})$, $0,8 \text{ mol}$ de $\text{O}_2(\text{g})$ e $2,6 \text{ mol}$ de $\text{SO}_3(\text{g})$.

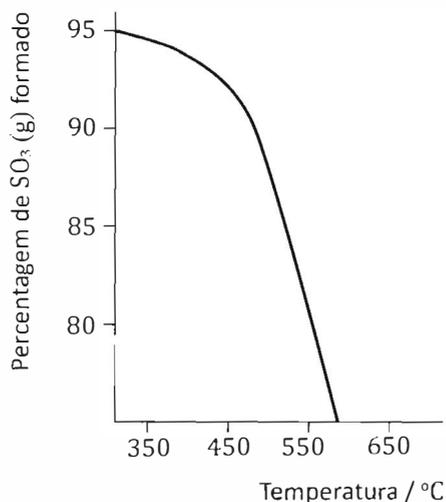
Nas condições referidas, o quociente da reação, Q_c , é igual a _____, o que permite concluir que o sistema se irá deslocar no sentido _____, até se atingir um estado de equilíbrio.

- (A) 13,2 ... inverso
- (B) 0,076 ... inverso
- (C) 0,076 ... direto
- (D) 13,2 ... direto

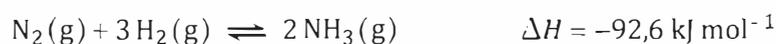
- 17.2. A figura representa o modo como varia a percentagem de trióxido de enxofre, $\text{SO}_3(\text{g})$, formado, em equilíbrio, em função da temperatura, à pressão constante de 1 atm.

Com base na variação observada no gráfico, justifique a seguinte afirmação.

A reação é exotérmica no sentido direto.



18. A reação de síntese do amoníaco, muito estudada do ponto de vista do equilíbrio químico, pode ser traduzida por



- 18.1. Na molécula de 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

Nota: item da unidade 2 da Química de 10.º ano

- 18.2. Preveja, justificando, como varia a concentração de $\text{NH}_3(\text{g})$ quando ocorre um aumento da temperatura do sistema inicialmente em equilíbrio.

- 18.3. 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

Nota: item com conteúdos da unidade 1 da Física de 10.º ano

- 18.4. A tabela seguinte apresenta dois valores de energia média de ligação.

Ligação	Energia de ligação / 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 ($E_{N\equiv N}$) na molécula de nitrogénio, expressa em kJ mol^{-1} ?

(A) $-3(436,4) - E_{N\equiv N} + 6(393) = -92,6$

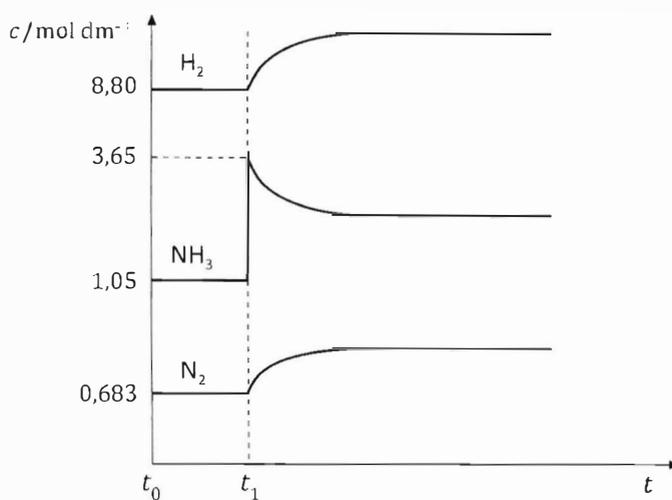
(B) $+3(436,4) + E_{N\equiv N} - 6(393) = -92,6$

(C) $+3(436,4) + E_{N\equiv N} - 2(393) = -92,6$

(D) $-3(436,4) - E_{N\equiv N} + 2(393) = -92,6$

- 18.5. 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 $350\text{ }^\circ\text{C}$.

A figura não está à escala.



- 18.5.1. 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

- 18.5.2. 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) $Q_c \approx \frac{0,683 \times 8,80^3}{1,05^2}$

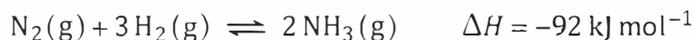
(D) $Q_c \approx \frac{0,683 \times 8,80^3}{3,65^2}$

18.6. Considere que se fez reagir, na presença de um catalisador, 0,500 mol de $N_2(g)$ e 0,800 mol de $H_2(g)$, num recipiente com o volume de $1,00 \text{ dm}^3$. Admita que, quando o equilíbrio foi atingido, à temperatura T , existiam no recipiente, além de $N_2(g)$ e $H_2(g)$, 0,150 mol de $NH_3(g)$.

Calcule o rendimento da reação de síntese.

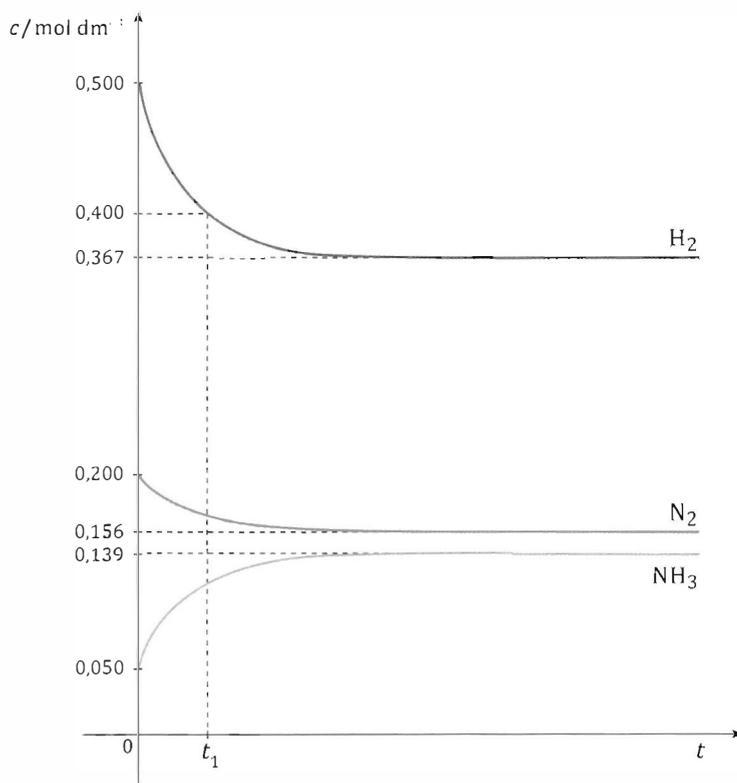
Apresente todas as etapas de resolução.

19. A reação de síntese do amoníaco pode ser traduzida por



Considere que se introduziu, num reator com a capacidade de $1,00 \text{ L}$, 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 .



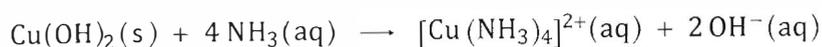
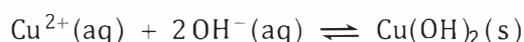
19.1. Qual foi a variação da concentração de $H_2(g)$ no intervalo de tempo $[0, t_1]$?

19.2. A fração molar de NH_3 , 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 da unidade 2 da Química de 10.º ano

- 19.3.** Calcule o rendimento da reação de síntese do $\text{NH}_3(\text{g})$, nas condições consideradas. Apresente todas as etapas de resolução.
- 19.4.** Na reação de síntese do $\text{NH}_3(\text{g})$ considerada
- (A) libertam-se 92 kJ por cada mole de $\text{NH}_3(\text{g})$ que se forma.
 - (B) libertam-se 92 kJ por cada duas moles de $\text{NH}_3(\text{g})$ que se formam.
 - (C) são absorvidos 92 kJ por cada mole de $\text{NH}_3(\text{g})$ que se forma.
 - (D) são absorvidos 92 kJ por cada duas moles de $\text{NH}_3(\text{g})$ que se formam.
- 19.5.** Preveja, justificando, como variará a composição da mistura reacional se ocorrer um aumento da temperatura do sistema em equilíbrio.
- 20.** Os testes laboratoriais de identificação do amoníaco, realizados em amostras padrão, permitem, posteriormente, concluir sobre a presença (ou a ausência) daquele composto em materiais de uso comum, como, por exemplo, produtos comerciais de limpeza.
- 20.1.** O que são, no contexto em causa, amostras padrão?
- 20.2.** Um dos testes de identificação do amoníaco consiste em aproximar uma vareta de vidro, previamente mergulhada em ácido clorídrico concentrado, da boca de um tubo de ensaio contendo a solução aquosa a analisar. A presença de amoníaco é indicada pela formação de fumos brancos de cloreto de amónio, NH_4Cl .
- Escreva a equação química que traduz a reação que ocorre se a solução a analisar contiver amoníaco.
- 20.3.** Outro teste de identificação do amoníaco consiste em juntar, gota a gota, a solução aquosa a analisar a uma solução de sulfato de cobre (II), $\text{CuSO}_4(\text{aq})$, adicionando-se, posteriormente, excesso da solução a analisar.
- Se a solução a analisar contiver amoníaco, as reações químicas que ocorrem, envolvidas no teste de identificação descrito, podem ser traduzidas por



Interprete as reações químicas envolvidas no teste de identificação.

Comece por referir a principal fonte de iões $\text{OH}^{-}(\text{aq})$ na solução a analisar, se esta contiver amoníaco.

Nota: item com conteúdos da unidade 2 da Química de 11.º ano

21. O amoníaco é utilizado na síntese do sulfato de tetra-aminocobre (II) mono-hidratado, um sal complexo que é usado em estamparia têxtil.

A reação de síntese pode ser traduzida por:



- 21.1. Numa síntese laboratorial de sulfato de tetra-aminocobre (II) mono-hidratado ($M = 245,8 \text{ g mol}^{-1}$), utilizou-se uma amostra impura de sulfato de cobre penta-hidratado, $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ ($M = 249,7 \text{ g mol}^{-1}$), de massa 6,10 g, contendo 5% (m/m) de impurezas inertes, e solução aquosa de amoníaco em excesso. Obteve-se 3,92 g de sal complexo.

Determine o rendimento da síntese efetuada.

Apresente todas as etapas de resolução.

- 21.2. Para obter os cristais de sulfato de tetra-aminocobre (II) mono-hidratado é necessário separá-los da solução sobrenadante.

Selecione a opção que apresenta a sequência dos procedimentos para efetuar aquela separação.

- (A) Decantação, filtração e secagem.
- (B) Decantação, secagem e filtração.
- (C) Filtração, decantação e secagem.
- (D) Filtração, secagem e decantação.

22. A reação de síntese do sal complexo, sulfato de tetra-aminocobre (II) mono-hidratado, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, pode ser feita por cristalização lenta deste sal, a partir de uma reação de precipitação entre soluções aquosas de amoníaco e de sulfato de cobre (II).

Dissolvendo em água 5,00 g de cristais de sulfato de cobre penta-hidratado, $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$, e adicionando amoníaco em excesso, obtém-se uma determinada massa de sal complexo.

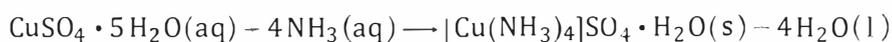
- 22.1. Considere que no armazém de reagentes da sua escola só existia sulfato de cobre (II) penta-hidratado impuro, contendo 15% (m/m) de impurezas, ao qual tinha de recorrer para realizar esta síntese.

Qual seria a massa de reagente impuro que teria de medir para obter a mesma massa de sal complexo, admitindo o mesmo rendimento para o processo de síntese?

- (A) 5,88 g
- (B) 5,75 g
- (C) 5,15 g
- (D) 5,64 g

- 22.2.** Os cristais de sulfato de cobre (II) penta-hidratado devem ser inicialmente reduzidos a pó num almofariz, antes de se efetuar a pesagem deste reagente.
- Apresente uma razão justificativa deste procedimento experimental.
- 22.3.** Após a cristalização do sal complexo há que separar, por decantação e filtração, o líquido sobrenadante dos cristais depositados no fundo do recipiente.
- Sabendo que os cristais que se obtêm nesta síntese são muito finos, indique o tipo de filtração mais adequado.
- 23.** Um grupo de alunos sintetizou sulfato de tetra-aminocobre (II) mono-hidratado, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{s})$ ($M = 245,8 \text{ g mol}^{-1}$). Os alunos começaram por triturar e pesar 5,00 g de sulfato de cobre (II) penta-hidratado, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}(\text{s})$ ($M = 249,7 \text{ g mol}^{-1}$), que dissolveram completamente em cerca de 5 cm^3 de água. Adicionaram depois solução aquosa de amoníaco, $\text{NH}_3(\text{aq})$, em excesso, à solução de sulfato de cobre.

A reação de síntese pode ser traduzida por

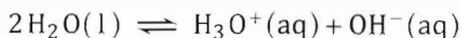


- 23.1.** A quantidade de amoníaco adicionada à solução de sulfato de cobre poderá ter sido
- (A) 0,100 mol.
 - (B) 0,0800 mol.
 - (C) 0,0400 mol.
 - (D) 0,0200 mol.
- 23.2.** Admita que os alunos obtiveram, na prática, uma massa de 2,60 g de $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{s})$. Determine o rendimento da reação de síntese.
- Apresente todas as etapas de resolução.
- 23.3.** O rendimento da reação de síntese poderá depender
- (A) das quantidades iniciais dos reagentes.
 - (B) do volume de água utilizado para dissolver completamente o sulfato de cobre.
 - (C) do volume de solução aquosa de amoníaco adicionado em excesso.
 - (D) da massa de cristais de sulfato de tetra-aminocobre perdida na filtração.
- 23.4.** Na reação de síntese considerada, a precipitação dos cristais de $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}(\text{s})$ é facilitada pela
- (A) adição de uma solução de etanol.
 - (B) adição de mais água.
 - (C) filtração da solução a pressão reduzida.
 - (D) trituração inicial do sulfato de cobre.

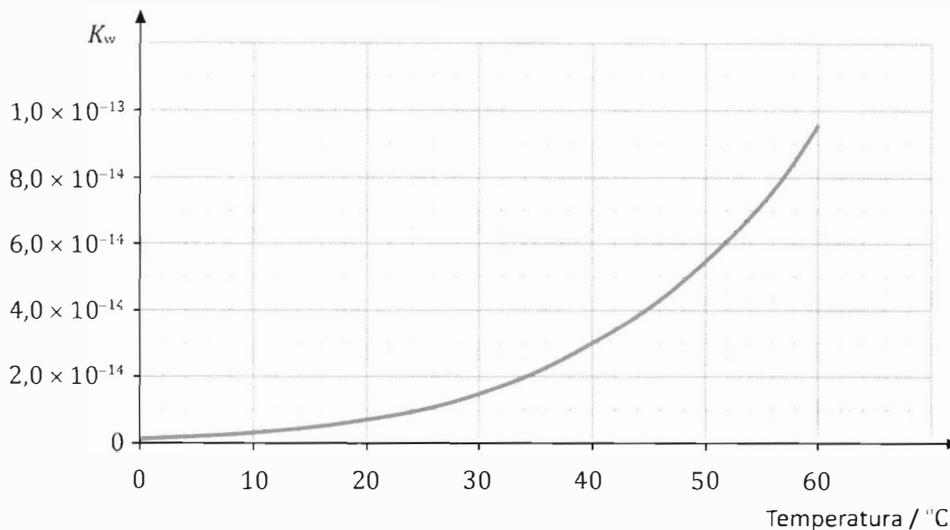
UNIDADE 2

**Da atmosfera ao oceano:
soluções na Terra e para a Terra**

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 carácter 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

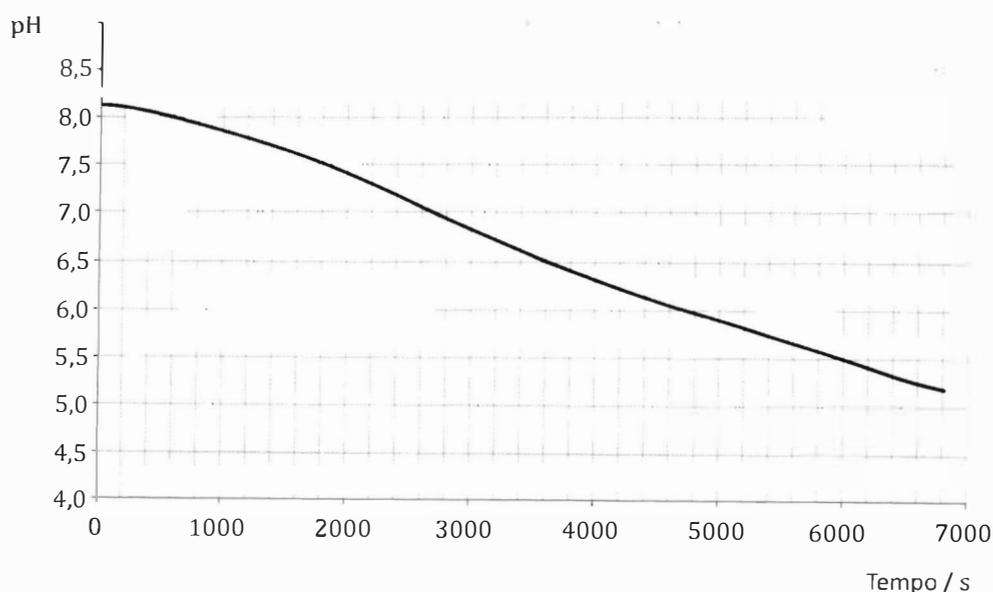
Obtenha o resultado da medição de pH.

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, $\text{CO}_2(\text{g})$, 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.

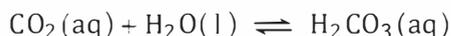


2.2.1. A variação de pH que se observa entre os instantes $t = 1800\text{s}$ e $t = 6000\text{s}$ traduz, em relação à concentração hidrogeniónica,

- (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 CO_2 dissolvido reage com a água, dando origem a um ácido fraco, o ácido carbónico,

$\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$. 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 da unidade 1 da Química de 11.º ano

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. *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.

4.1. 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

4.2. 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 H_3O^+ 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

4.3. 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) $[\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = 1,0 \times 10^{-14}$

5. 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 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, $\text{ZnS}(\text{s})$, envolve, numa primeira fase, a reação deste composto com o oxigénio atmosférico. Nesta reação, forma-se óxido de zinco, $\text{ZnO}(\text{s})$, e dióxido de enxofre, $\text{SO}_2(\text{g})$. Estima-se que sejam libertados para a atmosfera cerca de 6×10^{10} kg de $\text{SO}_2(\text{g})$ em cada ano.

Chang, R., *Química*, McGrawHill, 8.ª ed., 2005 (adaptado)

- 5.1. O $\text{H}_2\text{S}(\text{g})$ libertado pelos vulcões reage, a temperaturas elevadas, com o oxigénio do ar, formando-se dióxido de enxofre, $\text{SO}_2(\text{g})$, e água, $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$.

Escreva a equação química que traduz esta reação e justifique o facto de a emissão de $\text{SO}_2(\text{g})$ para a atmosfera contribuir para o aumento da acidez da água da chuva.

- 5.2. O número aproximado de moléculas de $\text{SO}_2(\text{g})$ libertadas para a atmosfera, por ano, pode ser calculado pela expressão

(A) $\frac{6 \times 10^{10} \times 10^3 \times 64,07}{6,02 \times 10^{23}}$

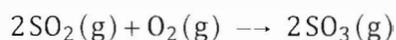
(B) $\frac{6 \times 10^{10} \times 64,07}{6,02 \times 10^{23} \times 10^3}$

(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 da unidade 2 da Química de 10.º ano

- 5.3. Escreva a equação química que traduz a reação referida no segundo parágrafo do texto.
- 5.4. A reação do $\text{SO}_2(\text{g})$ 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
- 5.5. Considere uma amostra de $\text{SO}_2(\text{g})$ com metade do volume de uma amostra de $\text{SO}_3(\text{g})$, nas mesmas condições de pressão e de temperatura.
- Comparando com a amostra de $\text{SO}_3(\text{g})$, a amostra de $\text{SO}_2(\text{g})$ 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 da unidade 2 da Química de 10.º ano

- 6.4.2.** 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 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 da unidade 1 da Química de 11.º ano

- 7.** As águas naturais contendo 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 $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ 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.

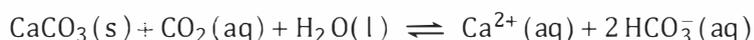
Philip Ball, *H₂O – Uma Biografia da Água*, Temas e Debates, 2002 (adaptado)

- 7.1.** Quando águas naturais, ligeiramente ácidas, entram em contacto com rochas calcárias, a concentração dessas águas em iões $\text{H}_3\text{O}^+(\text{aq})$ _____ e o seu pH _____.

- (A) aumenta ... aumenta
 (B) aumenta ... diminui
 (C) diminui ... aumenta
 (D) diminui ... diminui

- 7.2.** A dureza total de uma água é um parâmetro normalmente relacionado com as concentrações dos iões cálcio, Ca^{2+} , e dos iões magnésio, Mg^{2+} , nela contidos.

- 7.2.1.** Considere que a dissolução do carbonato de cálcio, CaCO_3 , por ação de uma água contendo 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 CO_2 dissolvido pode alterar a dureza da mesma água.

Nota: item com conteúdos da unidade 1 da Química de 11.º ano

7.2.2. Escreva um texto relativo à dureza de uma água, no qual:

- refira uma causa antropogénica que pode influenciar a dureza de uma água de consumo doméstico;
- relacione a concentração em iões cálcio e magnésio numa água com a eficiência da lavagem com sabão, referindo o efeito dessa concentração sobre a formação de espuma e de escuma;
- indique o motivo pelo qual a eficiência da lavagem com detergente é pouco afetada pela dureza da água.

8. A maior parte da água na Natureza está já contaminada – pelo sal. Este simples facto torna essa água completamente inútil para os organismos em terra, uma vez que, mesmo para a maior parte dos fins industriais, a água do mar é demasiado corrosiva.

Para satisfazer a necessidade e a procura crescentes de água, o ideal seria, obviamente, aumentar a quantidade total de água doce disponível para o consumo humano. Poderemos, assim, redimir a água do mar e fazer com que ela nos sirva diretamente?

A resposta é afirmativa, mas a um preço que é, na maior parte dos casos, completamente proibitivo. A remoção dos sais da água do mar ou da água salobra – um processo designado por dessalinização – fornece menos de 0,2% da água doce utilizada no globo.

O método mais antigo e mais simples de dessalinização é a destilação, sendo realizado, em larga escala, apenas em países cuja necessidade desesperada de água está associada a uma economia relativamente abastada. A primeira de todas as unidades de dessalinização, construída no mar Vermelho, para abastecer os navios coloniais britânicos, utilizava este método, continuando ainda hoje, depois de vários melhoramentos introduzidos, a fornecer uma parte considerável da água dessalinizada do mundo.

O principal método alternativo de dessalinização fornece água potável a menos de metade do custo, verificando-se, contudo, que o método de remoção dos sais utilizado nessa técnica de dessalinização não é suficientemente eficaz, o que torna a técnica passível de ser utilizada apenas na purificação de água salobra.

Philip Ball, *H₂O – Uma Biografia da Água*, Temas e Debates, 2002 (adaptado)

8.1. Selecione, com base na informação dada no texto, a opção correta.

- (A) A maior parte da água na Natureza é apropriada ao consumo humano.
- (B) Uma parte considerável da água potável atualmente utilizada é obtida por destilação.
- (C) A destilação é um processo muito pouco eficaz na remoção dos sais da água do mar.
- (D) A dessalinização fornece apenas uma pequena percentagem da água potável atualmente consumida.

8.2. Elabore um texto no qual aborde os seguintes tópicos, relacionados com a dessalinização da água do mar:

- indicação dos processos físicos que ocorrem durante a destilação da água do mar, referindo em que se baseia este método de separação;
- apresentação de uma razão justificativa do elevado custo que aquele método de dessalinização envolve;
- referência a um método alternativo de dessalinização.

8.3. A solubilidade do NaCl em água, a 25 °C, é igual a 36,0 g NaCl/100 g H₂O.

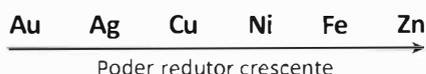
Adicionando 90,0 g de NaCl(s) a 250 g de água, a 25 °C, obtém-se uma solução _____ naquele composto, _____ sólido depositado no fundo do recipiente.

- (A) saturada ... sem
 (B) insaturada ... sem
 (C) saturada ... com
 (D) insaturada ... com

8.4. 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.



9. *Corrosão* é a palavra geralmente utilizada para designar a deterioração de metais através de um processo eletroquímico, o que significa que, à medida que o metal se degrada, perde eletrões, convertendo-se numa espécie química diferente.

O exemplo mais familiar de corrosão é, sem dúvida, o processo de formação de ferrugem sobre o ferro. Embora as reações envolvidas neste processo sejam bastante complexas, pensa-se que as etapas fundamentais sejam a perda de eletrões pelo ferro, Fe, que assim se converte na espécie solúvel Fe²⁺(aq), e o ganho desses eletrões pelo oxigénio atmosférico, O₂. A formação de ferrugem é favorecida pela existência de um meio ácido, o que pode ser facultado pela água da chuva, naturalmente ácida devido à dissolução do CO₂ atmosférico.

No entanto, quando a água da chuva se encontra poluída com ácidos fortes, muito corrosivos, como o ácido sulfúrico, H₂SO₄(aq), e o ácido nítrico, HNO₃(aq), resultantes essencialmente das emissões para a atmosfera (e posteriores reações) de dióxido de enxofre, SO₂, e de óxidos de nitrogénio, NO_x, o seu teor em iões H⁺ é muitíssimo mais elevado. Este teor, sendo, em muitos casos, cerca de 100 vezes superior ao que ocorre habitualmente, favorece ainda mais a reação de corrosão do ferro.

A corrosão metálica não se limita, evidentemente, ao ferro, existindo muitos outros metais que sofrem processos análogos de deterioração. A chuva ácida favorece muito a corrosão dos metais, constituindo, assim, um tipo de poluição de efeitos altamente adversos.

Raymond Chang, *Química*, 8.ª ed., McGraw-Hill, 2005 (adaptado)

9.1. Com base na informação apresentada no texto, indique a espécie redutora envolvida na reação de corrosão do ferro.

9.2. Quando o CO_2 atmosférico se dissolve na água da chuva, à temperatura de $25\text{ }^\circ\text{C}$,

(A) forma-se um ácido fraco, o ácido carbónico, $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$, que confere à água da chuva um pH de cerca de 5,6.

(B) forma-se um ácido forte, o ácido carbónico, $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$, que confere à água da chuva um pH inferior a 5,6.

(C) formam-se ácidos de força diferente, como o ácido carbónico, $\text{H}_2\text{CO}_3(\text{aq})$, e o ácido sulfúrico, $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$, que conferem à água da chuva um pH de cerca de 5,6.

(D) formam-se apenas ácidos fortes, como o ácido sulfúrico, $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$, e o ácido nítrico, $\text{HNO}_3(\text{aq})$, que conferem à água da chuva um pH muito inferior a 5,6.

9.3. 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 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

10. O ácido nítrico, um dos ácidos que podem estar presentes na água das chuvas ácidas, é um ácido forte, cujo valor de K_a é muito elevado, sendo também um poderoso agente oxidante.

10.1. Qual é o número de oxidação do nitrogénio na molécula de HNO_3 ?

10.2. A reação do ácido nítrico concentrado com o cobre, Cu, pode ser traduzida por



Qual é a variação do número de oxidação do nitrogénio nesta reação?

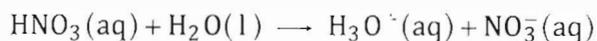
(A) -1

(B) +1

(C) +2

(D) -2

10.3. 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) $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{NO}_3^-$

10.4. 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

10.5. Sendo o amoníaco, NH_3 , uma base de Brønsted-Lowry mais forte do que a espécie NO_3^- , a espécie

- (A) NH_3 cede iões H^+ com mais facilidade do que a espécie NH_4^+ .
- (B) NO_3^- aceita iões H^+ com mais facilidade do que a espécie NH_3 .
- (C) HNO_3 cede iões H^+ com mais facilidade do que a espécie NH_4^+ .
- (D) HNO_3 aceita iões H^+ com mais facilidade do que a espécie NO_3^- .

11. Admita que dispunha 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 cm^3 de uma solução diluída, de concentração $0,400 \text{ mol dm}^{-3}$.

11.1. Calcule o volume de solução concentrada que teria de medir para preparar a solução pretendida.

Apresente todas as etapas de resolução.

Nota: item da unidade 2 da Química de 10.º ano

11.2. Na diluição efetuada utilizou água destilada, de pH igual a 7,04.

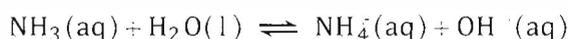
Qual é a concentração de iões H_3O^+ na referida água?

- (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) $8,48 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}$

11.3. 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 _____ 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

12. 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 °C.

12.1. 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.

12.2. A constante de acidez do ácido conjugado de $\text{NH}_3(\text{aq})$, a 25 °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) $\frac{1}{1,8 \times 10^{-5}}$

12.3. A espécie $\text{NH}_3(\text{aq})$ é uma base mais fraca do que a espécie $\text{OH}^-(\text{aq})$. Esta afirmação permite concluir que a espécie

- (A) $\text{NH}_3(\text{aq})$ aceita iões H^+ com maior facilidade do que a espécie $\text{OH}^-(\text{aq})$.
- (B) $\text{NH}_4^+(\text{aq})$ cede iões H^+ com maior facilidade do que a espécie $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$.
- (C) $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ aceita iões H^+ com maior facilidade do que a espécie $\text{NH}_3(\text{aq})$.
- (D) $\text{OH}^-(\text{aq})$ cede iões H^+ com maior facilidade do que a espécie $\text{NH}_4^+(\text{aq})$.

13. O amoníaco é uma base fraca, cuja reação de ionização em água pode ser traduzida por



- 13.1. Considere uma solução aquosa comercial de amoníaco, de concentração 13 mol dm^{-3} e de densidade $0,91 \text{ g cm}^{-3}$, 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.

- 13.2. 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.

- 13.3. 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.

14. O ácido sulfídrico, $\text{H}_2\text{S}(\text{aq})$, é um ácido diprótico muito fraco.

- 14.1. 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 $\text{H}_2\text{S}(\text{aq})$.

- 14.2. A reação do ácido sulfídrico com a água pode ser traduzida por

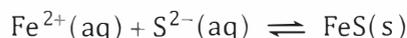


A constante de acidez do $\text{H}_2\text{S}(\text{aq})$, definida para a reação anterior, é $6,8 \times 10^{-23}$, a $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

- 14.2.1. 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.

- 14.2.2.** O sulfureto de ferro, FeS, é um sal bastante insolúvel em água, cujo produto de solubilidade é $6,3 \times 10^{-18}$, a 25 °C. A precipitação deste sal, em solução aquosa, pode ser traduzida por



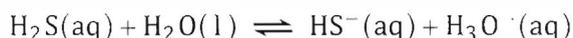
Admita que se pretende precipitar sulfureto de ferro a partir de uma solução que contém 4,47 g de ião $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ ($M = 55,85 \text{ g mol}^{-1}$) por dm^3 , utilizando ácido sulfídrico de concentração $0,10 \text{ mol dm}^{-3}$, que é mantida constante ao longo da reação.

Determine a concentração hidrogeniónica necessária para que o sulfureto de ferro possa precipitar.

Apresente todas as etapas de resolução.

- 15.** 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 °C.

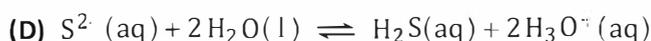
- 15.1.** Considere $250,0 \text{ cm}^3$ de uma solução de ácido sulfídrico cujo pH, a 25 °C, é 3,94.

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.

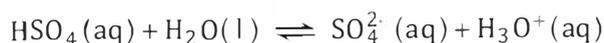
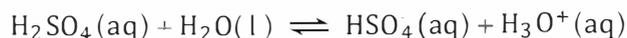
Apresente todas as etapas de resolução.

- 15.2.** 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



- 16.** 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.

- 16.1.** Identifique um par conjugado de ácido-base nas reações acima representadas.
- 16.2.** O pH de uma solução aquosa de ácido sulfúrico é determinado pela concentração hidrogeniónica total, que depende da contribuição das duas etapas de ionização – a concentração hidrogeniónica 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°C .

Apresente todas as etapas de resolução.

- 17.** 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°C .

A reação do ácido cianídrico com a água pode ser traduzida por

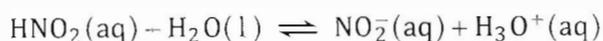


- 17.1.** Escreva a equação química que traduz a reação do ião cianeto, $\text{CN}^-(\text{aq})$, com a água.

Refira, justificando, se esse ião se comporta, nessa reação, como um ácido ou como uma base segundo Brønsted-Lowry.

- 17.2.** 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°C .

A reação do ácido nitroso com a água pode ser traduzida por



- 17.2.1.** 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

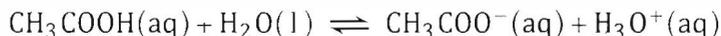
- (A) 10^6 vezes mais forte do que o ácido cianídrico.
 (B) 10^4 vezes mais forte do que o ácido cianídrico.
 (C) 10^6 vezes mais fraco do que o ácido cianídrico.
 (D) 10^4 vezes mais fraco do que o ácido cianídrico.

- 17.2.2.** Considere uma solução de ácido nitroso cujo pH, a 25°C , é 2,72.

Determine a concentração inicial de HNO_2 na solução, à mesma temperatura.

Apresente todas as etapas de resolução.

18. O ácido acético, $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$, é um ácido monoprotico fraco, cuja ionização em água pode ser traduzida por



- 18.1. 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?

- 18.2. 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°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 $\text{NaOH}(\text{aq}) / \text{cm}^3$	pH
0,00	2,88
10,00	4,16
25,00	4,76
40,00	5,36
50,00	8,73

- 18.2.1. Determine a percentagem de ácido acético não ionizado na solução inicial. Apresente todas as etapas de resolução.
- 18.2.2. Quando o volume total de $\text{NaOH}(\text{aq})$ adicionado é $40,00 \text{ cm}^3$, 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.
- 18.2.3. 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 $\text{NaOH}(\text{aq})$.

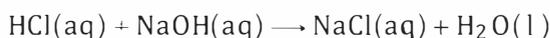
Nota: item com conteúdos da unidade 1 da Química de 11.º ano

- 18.3.** O ácido acético pode formar-se a partir do etanal, CH_3CHO , segundo uma reação que pode ser traduzida por



Na reação considerada, o número de oxidação do manganês (Mn)

- (A) aumenta, atuando o íon permanganato (MnO_4^-) como redutor.
(B) aumenta, atuando o íon permanganato (MnO_4^-) como oxidante.
(C) diminui, atuando o íon permanganato (MnO_4^-) como redutor.
(D) diminui, atuando o íon permanganato (MnO_4^-) como oxidante.
- 19.** 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:



- 19.1.** 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 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.

- 19.2.** 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 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.

- 20.** Nos laboratórios de Química é frequente a utilização de soluções de hidróxido de sódio, $\text{NaOH}(\text{aq})$.

- 20.1.** O hidróxido de sódio, NaOH , é uma base que, em solução aquosa, se encontra

- (A) totalmente ionizada.
(B) parcialmente ionizada.
(C) parcialmente dissociada.
(D) totalmente dissociada.

20.2. Titulou-se uma solução contendo 0,328 g de um ácido monoprótico forte com uma solução aquosa de hidróxido de sódio, NaOH(aq), de concentração 0,200 mol dm⁻³.

O volume de NaOH(aq) gasto até ao ponto de equivalência da titulação foi 16,40 cm³.

Determine a massa molar do ácido monoprótico em solução.

Apresente todas as etapas de resolução.

21. O cloreto de prata, AgCl, é um sal cujo produto de solubilidade é, a 25 °C, $1,8 \times 10^{-10}$.

Numa solução aquosa contendo iões Ag⁺ e Cl⁻, a 25 °C, formar-se-á um precipitado de AgCl, se

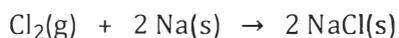
(A) as concentrações daqueles iões forem inferiores à solubilidade do AgCl.

(B) as concentrações daqueles iões forem iguais à solubilidade do 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 $1,8 \times 10^{-10}$.

22. Considere a reação traduzida por



Nesta reação, o cloro atua como

(A) oxidante, oxidando-se.

(B) oxidante, reduzindo-se.

(C) redutor, reduzindo-se.

(D) redutor, oxidando-se.

23. O poder redutor de diversos metais pode ser comparado a partir dos resultados de algumas experiências simples.

23.1. 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	Mn ²⁺	Fe ²⁺	Ag ⁺	Pb ²⁺
Mn	—	Há reação	Há reação	Há reação
Fe	Não há reação	—	Há reação	Há reação
Ag	Não há reação	Não há reação	—	Não há reação
Pb	Não há reação	Não há reação	Há reação	—

Indique qual dos metais tem menor poder redutor.

- 23.2. 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), CuSO_4 , e uma solução de nitrato de magnésio, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$.

Os resultados obtidos encontram-se na tabela seguinte.

Catión metálico Metal	Cu^{2+}	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

- 23.2.1. A semirreação de redução que ocorre pode ser traduzida por

- (A) $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$
 (B) $\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$
 (C) $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$
 (D) $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$

- 23.2.2. Qual dos três metais (Zn, Cu, Mg) apresenta maior poder redutor?

24. 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)

- 24.1. Numa primeira fase, o calcário é aquecido a altas temperaturas, de modo a obter-se óxido de cálcio, CaO , que, quando tratado com água do mar, forma hidróxido de cálcio, $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

- 24.1.1. O hidróxido de cálcio dissolve-se em água,

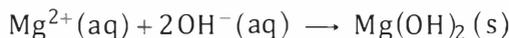
- (A) ionizando-se completamente.
 (B) dissociando-se completamente.
 (C) ionizando-se parcialmente.
 (D) dissociando-se parcialmente.

- 24.1.2. 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 da unidade 1 da Química de 11.º ano

24.2. Numa segunda fase, ocorre a precipitação dos iões magnésio, $Mg^{2+}(aq)$, existentes na água do mar, sob a forma de hidróxido de magnésio, $Mg(OH)_2$.

24.2.1. A precipitação do hidróxido de magnésio ($M = 58,33 \text{ g mol}^{-1}$) pode ser traduzida por



Admita que 1,0 kg de água do mar contém 0,052 moles de iões $Mg^{2+}(aq)$ e que se pretende obter, pelo menos, 1,0 kg de hidróxido de magnésio.

Que massa de água do mar terá, no mínimo, de ser utilizada?

- (A) 17 kg
- (B) $3,3 \times 10^2$ kg
- (C) 52 kg
- (D) $1,0 \times 10^3$ kg

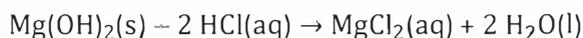
Nota: item da unidade 1 da Química de 11.º ano

24.2.2. Os produtos de solubilidade do $Ca(OH)_2$ e do $Mg(OH)_2$ são, respetivamente, $6,5 \times 10^{-6}$ e $7,1 \times 10^{-12}$, a 25 °C.

Comparando a solubilidade destes dois hidróxidos, conclui-se que o $Mg(OH)_2$ é cerca de

- (A) 10^6 vezes menos solúvel do que o $Ca(OH)_2$.
- (B) 10^6 vezes mais solúvel do que o $Ca(OH)_2$.
- (C) 10^2 vezes mais solúvel do que o $Ca(OH)_2$.
- (D) 10^2 vezes menos solúvel do que o $Ca(OH)_2$.

24.3. Numa terceira fase, o hidróxido de magnésio sólido, entretanto separado, reage com ácido clorídrico, formando cloreto de magnésio, $MgCl_2$. A reação que ocorre é traduzida por



24.3.1. Considere que se utiliza uma solução de ácido clorídrico, de densidade $1,15 \text{ g cm}^{-3}$, que contém 30%, em massa, de HCl.

Qual das expressões seguintes permite calcular a massa de HCl que existe em 500 cm^3 da solução?

- (A) $(1,15 \times 500 \times 0,30) \text{ g}$
- (B) $\left(\frac{1,15 \times 0,30}{0,500}\right) \text{ g}$
- (C) $\left(\frac{1,15 \times 500}{0,30}\right) \text{ g}$
- (D) $(1,15 \times 0,500 \times 0,30) \text{ g}$

Nota: item da unidade 2 da Química de 10.º ano

24.3.2. Admita que se fez reagir 100 moles de Mg(OH)_2 com HCl em excesso e que se obteve 50 moles de 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 da unidade 1 da Química de 11.º ano

24.3.3. Considere uma outra situação em que o rendimento da reação é 70%.

Calcule a quantidade, em mole (mol), de hidróxido de magnésio que tem de reagir para ser possível obter, na prática, 2,5 kg de MgCl_2 ($M = 95,21 \text{ g mol}^{-1}$).

Apresente todas as etapas de resolução.

Nota: item da unidade 1 da Química de 11.º ano

24.4. 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 Mg^{2+} e Cl^- . Faz-se então passar uma corrente elétrica através da cuba para reduzir os iões Mg^{2+} e oxidar os iões Cl^- .

Escreva a equação química que traduz a reação de oxidação-redução relativa à redução dos iões Mg^{2+} e à oxidação dos iões Cl^- , considerando que a oxidação dos iões Cl^- origina uma substância diatómica.

25. A combustão completa do metano, CH_4 , pode ser representada por:

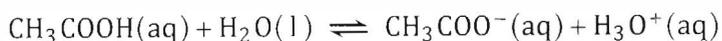


O número de oxidação do carbono, na transformação da espécie CH_4 na espécie CO_2 , varia de

- (A) +4 para -4
- (B) -4 para +4
- (C) +4 para +2
- (D) -4 para -2

26. O ácido acético, CH_3COOH , apresenta um cheiro muito característico, sendo um componente dos vinagres. É também um ácido correntemente usado em laboratório.

26.1. A reação de ionização do ácido acético em água é uma reação incompleta, que pode ser representada por:



26.1.1. 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 $\text{CH}_3\text{COO}^-(\text{aq})$

26.1.2. 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 $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Calcule a concentração de ácido acético não ionizado, na solução obtida.

Apresente todas as etapas de resolução.

26.2. O grau de acidez de um vinagre é expresso em termos da massa de ácido acético, em gramas, existente em 100 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, NaOH, de concentração conhecida.

26.2.1. Qual é o material de laboratório necessário para efetuar, com rigor, a diluição acima referida?

(A) Proveta de 10,0 mL, pipeta de 100,0 mL, pompete.

(B) Balão volumétrico de 100,0 mL, pipeta de 10,0 mL, pompete.

(C) Proveta de 100 mL, pipeta de 10,0 mL, pompete.

(D) Balão volumétrico de 10,0 mL, pipeta de 100,0 mL, pompete.

26.2.2. Considere que o pH no ponto de equivalência da titulação da solução diluída de vinagre é igual a 8,8, a $25 \text{ }^\circ\text{C}$.

Indique, justificando com base na informação contida na tabela seguinte, qual dos indicadores é adequado para assinalar o ponto de equivalência daquela titulação.

Indicador	Zona de viragem (pH, a $25 \text{ }^\circ\text{C}$)
Vermelho de metilo	4,2 a 6,3
Azul de bromotimol	6,0 a 7,6
Fenolftaleína	8,0 a 9,6
Amarelo de alizarina	10,1 a 12,0

26.2.3. Desprezando a contribuição de outros ácidos presentes no vinagre, a titulação efetuada permitiu determinar a concentração de ácido acético, CH_3COOH ($M = 60,06 \text{ g mol}^{-1}$), 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 da unidade 1 da Química de 11.º ano

27. Na titulação de uma solução de ácido acético, $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$, com uma solução de hidróxido de sódio, $\text{NaOH}(\text{aq})$, uma base forte, a reação que ocorre pode ser traduzida por



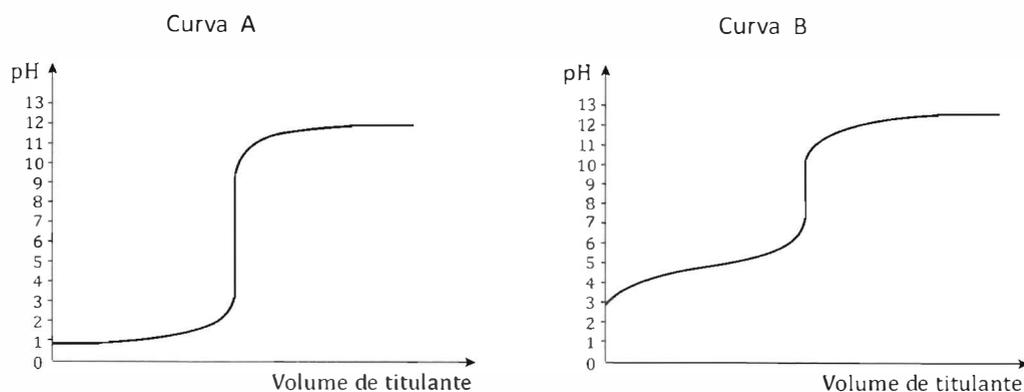
- 27.1. Considere que o volume de solução de ácido acético a titular é $25,0 \text{ cm}^3$ e que se adicionou $50,0 \text{ cm}^3$ de $\text{NaOH}(\text{aq})$ de concentração $0,100 \text{ mol dm}^{-3}$ até ser atingido o ponto de equivalência da titulação.

Determine a concentração da solução de ácido acético.

Comece por calcular a quantidade de NaOH adicionada até ter sido atingido o ponto de equivalência da titulação.

Apresente todas as etapas de resolução.

- 27.2. Na figura, estão representadas uma curva de titulação de um ácido forte com uma base forte (Curva A) e uma curva de titulação de um ácido fraco com uma base forte (Curva B).



Conclua, justificando, a partir das curvas de titulação apresentadas, em qual das situações o número de indicadores ácido-base suscetíveis de serem utilizados será mais reduzido.

Comece por referir qual a função de um indicador ácido-base, numa titulação.

28. Com o objetivo de determinar a concentração de uma solução de hidróxido de sódio, $\text{NaOH}(\text{aq})$, 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, $\text{HCl}(\text{aq})$, de pH 0,60, tendo gasto $15,20 \text{ cm}^3$ desta solução até ao ponto final da titulação, detetado com um indicador adequado.

- 28.1. Refira o nome do instrumento de medida utilizado para medir com rigor o volume da solução de NaOH a titular.

28.2. A reação que ocorre pode ser representada por



Determine a concentração da solução inicial de NaOH.

Apresente todas as etapas de resolução.

28.3. 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

28.4. 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.

29. 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).

29.1. 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.

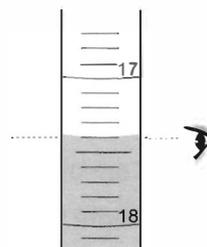
Qual é o resultado da medição do volume de titulante gasto até àquele ponto da titulação?

(A) $(18,60 \pm 0,05) \text{ cm}^3$

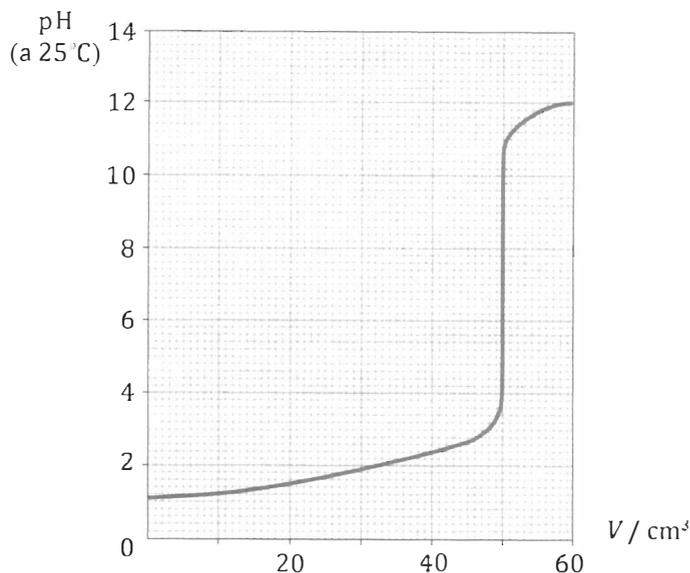
(B) $(17,40 \pm 0,05) \text{ cm}^3$

(C) $(17,4 \pm 0,1) \text{ cm}^3$

(D) $(18,6 \pm 0,1) \text{ cm}^3$



- 29.2.** A figura seguinte representa a curva de titulação de 25,00 cm³ de uma solução aquosa de ácido sulfúrico, H₂SO₄(aq), com uma solução padrão de NaOH, de concentração 0,10 mol dm⁻³, podendo a reação que ocorre ser representada por:

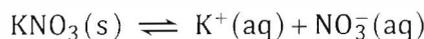


- 29.2.1.** Determine a concentração da solução de ácido sulfúrico, partindo do volume de titulante adicionado até ao ponto de equivalência da titulação. Apresente todas as etapas de resolução.
- 29.2.2.** Na tabela seguinte, referem-se as zonas de viragem de dois indicadores ácido-base.

Indicador	Zona de viragem (pH, a 25 °C)
Azul de bromotimol	6,0 – 7,6
Fenolftaleína	8,0 – 9,6

Justifique o facto de aqueles indicadores serem adequados à deteção do ponto de equivalência da titulação considerada.

- 30.** O nitrato de potássio, KNO₃, 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



- 30.1.** Considere que se prepara uma solução aquosa de KNO₃ por dissolução do soluto sólido.
- 30.1.1.** O intervalo de tempo necessário à dissolução completa do KNO₃(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.

30.1.2. Admita que a solução aquosa de KNO_3 preparada é uma solução saturada e que s é a solubilidade do KNO_3 em água, expressa em 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 mol dm^{-3} , nessa solução?

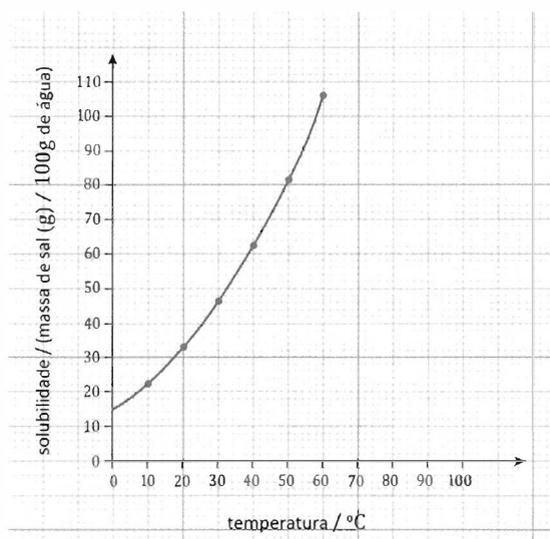
(A) $s = \sqrt{[\text{K}^+]} = \sqrt{[\text{NO}_3^-]}$

(B) $s = [\text{K}^+]^2 = [\text{NO}_3^-]^2$

(C) $s = \frac{[\text{K}^+]}{2} = \frac{[\text{NO}_3^-]}{2}$

(D) $s = [\text{K}^+] = [\text{NO}_3^-]$

30.2. Na figura, está representada a curva que traduz a solubilidade do KNO_3 em água, expressa em massa de sal, em gramas (g), por 100 g de água, em função da temperatura.



30.2.1. Que massa, em gramas (g), de KNO_3 é possível dissolver em 50 g de água à temperatura de 40 °C?

30.2.2. Considere que, ao fazer o estudo experimental da solubilidade do KNO_3 em água em função da temperatura, um grupo de alunos obteve o valor de 55 g de 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.

30.2.3. Conclua, justificando, se a dissolução do $\text{KNO}_3(\text{s})$ em água é um processo endotérmico ou um processo exotérmico.

RESOLUÇÕES

FÍSICA 10.º ANO

UNIDADE 1

Do Sol ao aquecimento

1.1. (D)

1.2. $\lambda_{\text{máxima}} \times T = \text{constante}$

1.3. Watt

1.4. (D)

1.5. (C)

2.1. Cerca de 30%.

2.2. ▪ Cálculo da energia solar anualmente recebida pela Terra:

$$1 \text{ ano} \approx 365 \text{ dias} = (365 \times 24 \times 3600) \text{ s} = 3,15 \times 10^7 \text{ s}$$

$$E = P\Delta t \quad E = 1,74 \times 10^{17} \times 3,15 \times 10^7 = 5,48 \times 10^{24} \text{ J}$$

▪ Cálculo da energia solar anualmente absorvida pela Terra:

Como cerca de 30% da energia solar é refletida para o espaço, apenas 70% da energia solar anualmente recebida é absorvida pela Terra.

$$E_{\text{absorvida}} = 0,70 \times 5,48 \times 10^{24} = 3,84 \times 10^{24} \text{ J}$$

2.3. A potência da radiação absorvida pelo planeta Terra é igual à potência da radiação emitida pelo planeta Terra para o espaço.

2.4. De acordo com a lei de Wien, o comprimento de onda da radiação de máxima intensidade emitida por um corpo é inversamente proporcional à temperatura absoluta desse corpo.

Assim, sendo a temperatura média da superfície do Sol muito superior à temperatura média da superfície da Terra, o comprimento de onda da radiação de máxima intensidade emitida pelo Sol é muito inferior ao comprimento de onda da radiação de máxima intensidade emitida pela Terra.

3.1. Efeito de estufa.

3.2. (B)

4.1. Produção de energia elétrica.

4.2. (C)

4.3. A intensidade da radiação solar diminui do nível da órbita até à superfície da Terra. De acordo com o texto, dois fatores que justificam essa variação são a existência de noite e a existência de atmosfera (ou a existência de nuvens e a variação da inclinação dos raios solares ao longo de um dia).

4.4. 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.

4.5. (C)

- 4.6. ▪ 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 m² de área desses coletores:

Energia da radiação incidente, por ano e por m² = 3,6 × 10⁹ J = 1,00 × 10³ 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 m² = 2,74 kW h

- Cálculo da área de coletores a instalar:

$$\frac{1 \text{ m}^2}{2,74 \text{ kW h}} = \frac{A}{22,0 \text{ kW h}} \Leftrightarrow A = 8,0 \text{ m}^2$$

- 5.1. ▪ 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:

$$\frac{1,00 \times 10^{-2} \text{ m}^2}{3,89 \times 10^4 \text{ J}} = \frac{A}{8,64 \times 10^7 \text{ J}} \Leftrightarrow A = 22 \text{ m}^2$$

5.2. (C)

6. (D)

7.1. (A)

- 7.2. ▪ 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:

$$3,12 \times 10^3 \text{ W} = 3,12 \text{ kW}$$

$$1 \text{ dia} = 24 \text{ horas}$$

$$E_u = P_u \Delta t \quad E_u = 3,12 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \quad \Leftrightarrow \quad E_u = 75 \text{ kW h}$$

2.ª Resolução:

- Cálculo da energia, em quilowatt-hora, incidente sobre os painéis fotovoltaicos durante um dia:

$$1,56 \times 10^4 \text{ W} = 15,6 \text{ kW}$$

$$1 \text{ dia} = 24 \text{ horas}$$

$$E_f = P_f \Delta t \quad E_f = 15,6 \text{ kW} \times 24 \text{ h} \quad \Leftrightarrow \quad E_f = 374 \text{ kW h}$$

- Cálculo da energia elétrica média, em quilowatt-hora, produzida pelo conjunto de painéis fotovoltaicos durante um dia:

$$\eta = \frac{E_u}{E_f} \quad \frac{20}{100} = \frac{E_u}{374 \text{ kW h}} \quad \Leftrightarrow \quad E_u = 75 \text{ kW h}$$

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. Radiação.

9.2. (C)

- 9.3. ▪ 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:

$$\Delta t = 90 \text{ min} = (90 \times 60) \text{ s} = 5,4 \times 10^3 \text{ s}$$

$$A = 1,4 \times 10^2 \text{ cm}^2 = 1,4 \times 10^{-2} \text{ m}^2$$

$$E_{\text{incidente}} = P \Delta t \quad \Leftrightarrow \quad E_{\text{incidente}} = I A \Delta t$$

$$E_{\text{incidente}} = 6,0 \times 10^2 \times 1,4 \times 10^{-2} \times 5,4 \times 10^3 \quad \Leftrightarrow \quad E_{\text{incidente}} = 4,54 \times 10^4 \text{ J}$$

- 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. ▪ 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°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:

$$\eta(\%) = \frac{E_u}{E_f} \times 100 \quad \eta(\%) = \frac{3,34 \times 10^4 \text{ J}}{8,00 \times 10^4 \text{ J}} \times 100 \Leftrightarrow \eta = 42\%$$

11. (C)

- 12.1. 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.

12.2. $3,41 \times 10^5 \text{ J kg}^{-1}$

[NOTA: equação da reta que melhor se ajusta ao conjunto de valores apresentado na tabela: $y = 3,41 \times 10^5 x + 3,05$, onde y é a energia fornecida e x é a massa das amostras. Como o valor da ordenada na origem (3,05) é muito pequeno, quando comparado com o valor do declive ($3,41 \times 10^5$), podemos considerar que $E = 3,41 \times 10^5 m$, ou seja, que a energia necessária à fusão de 1 kg de água é $3,41 \times 10^5 \text{ J}$.]

12.3. (D)

12.4. (A)

13.1. $1,7 \times 10^3 \text{ kJ kg}^{-1}$

- 13.2. ▪ 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 °C (de 0 °C até 100 °C). Assim, será necessário fornecer uma energia 100 vezes inferior a 1 kg de água para que a sua temperatura aumente 1 °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:

$$\eta(\%) = \frac{E_u}{E_f} \times 100 \quad \eta(\%) = \frac{4,41 \times 10^4 \text{ J}}{7,50 \times 10^4 \text{ J}} \times 100 = 59\%$$

- 14.** A taxa temporal de transferência de energia como calor, através das paredes da cafeteira, é tanto maior quanto maior for a diferença entre a temperatura da água e a temperatura ambiente.

À medida que o tempo passa, a água vai arrefecendo, pelo que a sua temperatura diminui, diminuindo também a diferença entre a temperatura da água e a temperatura ambiente. Consequentemente, a taxa temporal de transferência de energia como calor, através das paredes da cafeteira, diminuiu desde o instante em que se abandonou a cafeteira sobre a bancada até ao instante em que a água ficou à temperatura ambiente.

- 15.** (B)

- 16.1.** 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.

- 16.2.** $\pm 0,01 \text{ } ^\circ\text{C}$

- 16.3.** ▪ 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:

$$\text{erro relativo}(\%) = \frac{|5,0 \times 10^3 - 4,18 \times 10^3|}{4,18 \times 10^3} \times 100 = 20\%$$

- 17.1.** 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.

17.2. (D)

17.3. ▪ 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:

$$E_f = P \Delta t \quad 8,06 \times 10^4 = 200 \times \Delta t \quad \Leftrightarrow \quad \Delta t = \frac{8,06 \times 10^4}{200} \quad \Leftrightarrow \quad \Delta t = 4,0 \times 10^2 \text{ s}$$

18. 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.

19. 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.

20.1. (C)

20.2. ▪ Relação entre a energia fornecida ao bloco e o aumento da sua temperatura:

A análise do gráfico mostra que a temperatura do bloco aumenta $10,0 \text{ }^\circ\text{C}$, por cada 2 minutos de aquecimento, ou seja, que a temperatura aumenta $5,0 \text{ }^\circ\text{C}$ em cada minuto.

Conclui-se, assim, que a temperatura do bloco aumenta $5,0 \text{ }^\circ\text{C}$ quando lhe é fornecida uma energia de $2,50 \times 10^3 \text{ J}$.

▪ Determinação da capacidade térmica mássica do material constituinte do bloco:

$$E = m c \Delta\theta \quad 2,50 \times 10^3 = 1,30 \times c \times 5,0 \quad \Leftrightarrow \quad c = \frac{2,50 \times 10^3}{1,30 \times 5,0} = 3,8 \times 10^2 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

21.1. (D)

21.2. ▪ Equação da reta que melhor se ajusta ao conjunto de valores apresentados na tabela:

$y = 2,46 \times 10^{-3} x$, onde y representa a elevação de temperatura do bloco de chumbo ($\Delta\theta$) e x representa a energia fornecida a esse bloco (E).

▪ Cálculo da capacidade térmica mássica do chumbo:

$\Delta\theta = 2,46 \times 10^{-3} E$, de acordo com a equação da reta estabelecida.

$$\text{Mas, } E = m c \Delta\theta \quad \Leftrightarrow \quad \Delta\theta = \frac{1}{m c} \times E$$

$$\begin{aligned} \text{Então, } \frac{1}{m c} &= 2,46 \times 10^{-3} & \frac{1}{3,2 \times c} &= 2,46 \times 10^{-3} & \Leftrightarrow & c = \frac{1}{3,2 \times 2,46 \times 10^{-3}} & \Leftrightarrow \\ & & & & & \Leftrightarrow & c = 1,3 \times 10^2 \text{ J kg}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1} \end{aligned}$$

22. (D)

23.1. (B)

23.2. (B)

23.3. ▪ 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:

$$P = 1,1 \text{ kW} = 1,1 \times 10^3 \text{ W}$$

$$E = P \Delta t \quad 2,80 \times 10^5 = 1,1 \times 10^3 \times \Delta t \quad \Leftrightarrow \quad \Delta t = \frac{2,80 \times 10^5}{1,1 \times 10^3} \quad \Leftrightarrow \quad \Delta t = 2,5 \times 10^2 \text{ s}$$

24.1. (C)

24.2.1. ▪ Determinação da energia que deve ser transferida para a amostra de água:

$$m = 500 \text{ g} = 0,500 \text{ kg}$$

$$E = m c \Delta\theta \quad E = 0,500 \times 4,18 \times 10^3 \times (90 - 20) \quad \Leftrightarrow \quad E = 1,46 \times 10^5 \text{ J}$$

▪ Determinação do intervalo de tempo durante o qual a resistência deve estar ligada:

$$P = \frac{E}{\Delta t} \quad 500 = \frac{1,46 \times 10^5}{\Delta t} \quad \Leftrightarrow \quad \Delta t = \frac{1,46 \times 10^5}{500} = 2,9 \times 10^2 \text{ s}$$

24.2.2. (D)

25.1. Condução.

25.2. Condutividade térmica.

25.3. (C)

25.4. (C)

26. (D)

27. (C)

28. (B)

29. (C)

30.1. (B)

30.2. De acordo com a expressão $\frac{Q}{\Delta t} = k \frac{A}{l} \Delta T$, a condutividade térmica de um material será, para as mesmas condições, tanto maior quanto maior for a taxa temporal de transferência de energia, sob a forma de calor, por condução, através desse material.

O mecanismo de transferência de energia, sob a forma de calor, por condução, envolve interações entre as partículas do meio.

Nos gases, essas interações são mais difíceis uma vez que as partículas se encontram, em média, muito mais afastadas umas das outras do que nos sólidos. Assim, a condutividade térmica dos gases é, geralmente, muito inferior à dos sólidos.

31.1. (D)

31.2. Convecção.

31.3. (C)

32.1. Na experiência, utilizou-se uma lâmpada de potência elevada, para que o intervalo de tempo que decorre entre o início da experiência e a estabilização da temperatura do ar que se encontra dentro da lata não fosse demasiado longo.

Para medir os valores necessários à construção do gráfico, os alunos utilizaram um termómetro e um cronómetro (ou um sensor de temperatura e um cronómetro ou um sensor de temperatura ligado a um sistema automático de aquisição de dados).

Para poderem comparar os resultados obtidos com as duas latas, os alunos devem ter partido de condições iniciais semelhantes.

32.2. (D)

32.3. (B)

33.1. (B)

33.2. 23 Ω

33.3. ▪ Cálculo da potência fornecida pela lâmpada ao painel, nas condições referidas:

$$\Delta t = (2,0 \times 60) \text{ s} = 120 \text{ s}$$
$$P = \frac{E}{\Delta t} \quad P = \frac{36}{120} = 0,300 \text{ W}$$

- Cálculo do rendimento do painel nas condições referidas:

Por leitura do gráfico, verifica-se que o painel fornece ao circuito uma potência de 0,027 W quando o reóstato introduz uma resistência de 40 Ω.

$$\eta(\%) = \frac{P_u}{P_f} \times 100 \quad \eta(\%) = \frac{0,027 \text{ W}}{0,300 \text{ W}} \times 100 = 9,0 \%$$

33.4. 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.

33.5. A potência fornecida pelo painel ao circuito diminui à medida que o ângulo α (ângulo definido pela direção em que se encontrava o painel e pela direção da radiação incidente) se afasta de um ângulo reto (90°).

- 34.** ▪ Determinação da energia fornecida a cada bloco:

$$E = P \Delta t \quad E = 60 \times 60,0 = 3,60 \times 10^3 \text{ J}$$

- Determinação do valor experimental da capacidade térmica mássica do alumínio obtido por cada grupo:

$$m = 500 \text{ g} = 0,500 \text{ kg}$$

$$E = m c \Delta\theta \quad \Leftrightarrow \quad c = \frac{E}{m \Delta\theta}$$

Grupo	$c / \text{J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
1	$c = \frac{3,60 \times 10^3}{0,500 \times (24,6 - 16,5)} = 889$
2	$c = \frac{3,60 \times 10^3}{0,500 \times (24,9 - 17,0)} = 911$
3	$c = \frac{3,60 \times 10^3}{0,500 \times (25,0 - 16,8)} = 878$

- Determinação do valor mais provável da capacidade térmica mássica do alumínio:

$$\bar{c} = \frac{889 + 911 + 878}{3} = 893 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

$$c = 8,9 \times 10^2 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

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 °C no intervalo de tempo [50 , 150] s, ou seja, que a temperatura do bloco aumenta 0,38 °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:

$$E = m c \Delta\theta$$

$$158 = 1,00 \times c \times 0,38 \quad \Leftrightarrow \quad c = \frac{158}{0,38} \quad \Leftrightarrow \quad c = 4,16 \times 10^2 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$$

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°C . Conclui-se, assim, que o alumínio terá maior capacidade térmica mássica do que o cobre.

36.1. Fonte: água líquida, a $20,0^\circ\text{C}$; Recetor: gelo, a $0,0^\circ\text{C}$.

36.2. (C)

36.3.1. Lei da conservação da energia OU 1.ª Lei da Termodinâmica.

36.3.2. ▪ Cálculo da variação de energia interna da água líquida, inicialmente a $20,0^\circ\text{C}$, no intervalo de tempo considerado:

$$m = 260,0 \text{ g} = 2,600 \times 10^{-1} \text{ kg}$$

$$\Delta U = m c \Delta\theta$$

$$\Delta U = 2,600 \times 10^{-1} \times 4,18 \times 10^3 \times (11,0 - 20,0) \quad \Leftrightarrow \quad \Delta U = -9,781 \times 10^3 \text{ J}$$

- Comparação da energia recebida pelo gelo com a energia cedida pela água líquida, inicialmente a $20,0^\circ\text{C}$, no intervalo de tempo considerado:

De acordo com o enunciado, o gelo recebeu, no intervalo de tempo considerado, uma energia de $1,140 \times 10^4 \text{ J}$. Mas, de acordo com o cálculo acima efetuado, a água líquida, inicialmente a $20,0^\circ\text{C}$, apenas cedeu, nesse intervalo de tempo, uma energia de $9,781 \times 10^3 \text{ J}$, inferior à energia recebida pelo gelo.

- Conclusão:

Conclui-se, assim, que terá ocorrido transferência de energia do exterior para o sistema.

RESOLUÇÕES

FÍSICA 10.º ANO

UNIDADE 2

Energia em movimentos

1.1. (D)

1.2. (A)

2. (A)

3.1. (B)

3.2. (D)

4.1. (A)

4.2. (D)

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)

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)

7.1. (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)

- 8.3. (A)

- 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.

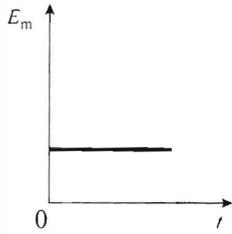
Nas montanhas-russas reais, atuam sobre o carrinho forças dissipativas que, à medida que o carrinho se desloca sobre a montanha-russa, provocam uma diminuição da energia mecânica do sistema *carrinho + Terra*.

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. (C)

9.2. (D)

9.3.



9.4. ▪ 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:

$$h = h_A - 0,80 \quad h = 1,01 - 0,80 = 0,21 \text{ m}$$

9.5. (A)

10.1. ▪ 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|

$$E_{\text{dissipada}} = |\Delta E_m| \quad \Leftrightarrow \quad E_{\text{dissipada}} = |E_{m_f} - E_{m_i}|$$

$$E_{\text{dissipada}} = |8,21 \times 10^4 \text{ J} - 9,60 \times 10^4 \text{ J}| \quad \Leftrightarrow \quad E_{\text{dissipada}} = 1,4 \times 10^4 \text{ J}$$

10.2. (B)

10.3. (A)

- 11.1. ▪ Determinação da energia mecânica inicial do sistema *automóvel + Terra*:

$$E_{m_i} = E_{c_i} + E_{p_i} \quad \Leftrightarrow \quad E_{m_i} = \frac{1}{2} m v_i^2 + m g h_i$$

$$E_{m_i} = \frac{1}{2} \times 1,20 \times 10^3 \times 25,0^2 + 1,20 \times 10^3 \times 10 \times 0 = 3,75 \times 10^5 \text{ J}$$

- Determinação da energia mecânica final do sistema *automóvel + Terra*:

$$E_{m_f} = E_{c_f} + E_{p_f} \quad \Leftrightarrow \quad E_{m_f} = \frac{1}{2} m v_f^2 + m g h_f$$

$$E_{m_f} = \frac{1}{2} \times 1,20 \times 10^3 \times 0^2 + 1,20 \times 10^3 \times 10 \times 4,8 = 5,76 \times 10^4 \text{ J}$$

- 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

$$W_{\vec{F}_{\text{NC}}} = \Delta E_m \quad W_{\vec{F}_{\text{NC}}} = 5,76 \times 10^4 \text{ J} - 3,75 \times 10^5 \text{ J} = -3,17 \times 10^5 \text{ J}$$

- Determinação da intensidade da resultante das forças não conservativas que atuam sobre o automóvel, no percurso considerado:

$$W_{\vec{F}_{\text{NC}}} = F_{\text{NC}} d \cos \alpha$$

Como se admite que a resultante das forças não conservativas tem sentido contrário ao do movimento, $\alpha = 180^\circ$.

$$-3,17 \times 10^5 = F_{\text{NC}} \times 53,1 \times \cos 180^\circ \quad \Leftrightarrow \quad F_{\text{NC}} = \frac{-3,17 \times 10^5}{53,1 \times (-1,00)} = 6,0 \times 10^3 \text{ N}$$

11.2. (C)

11.3. (A)

12. ▪ Determinação da energia fornecida pelo motor em 10 s:

$$\frac{1 \text{ cv}}{750 \text{ W}} = \frac{72 \text{ cv}}{x} \quad \Leftrightarrow \quad x = 5,40 \times 10^4 \text{ W}$$

$$E_f = P \Delta t \quad E_f = 5,40 \times 10^4 \times 10 = 5,40 \times 10^5 \text{ J}$$

- Determinação do módulo da velocidade que o automóvel pode atingir 10 s depois de arrancar:

$$E_c = 15\% \times E_f \quad E_c = 0,15 \times 5,40 \times 10^5 = 8,10 \times 10^4 \text{ J}$$

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2 \quad 8,10 \times 10^4 = \frac{1}{2} \times 1,0 \times 10^3 \times v^2 \quad \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 8,10 \times 10^4 = 5,00 \times 10^2 \times v^2 \quad \Rightarrow \quad v = \sqrt{\frac{8,10 \times 10^4}{5,00 \times 10^2}} = 13 \text{ m s}^{-1}$$

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.

$$W_{\vec{F}_{\text{potente}}} + W_{\vec{F}_{\text{dissipativas}}} + W_{\vec{F}_g} + W_{\vec{F}_N} = 0$$

$$\text{Como } W_{\vec{F}_g} = 0 \text{ e } W_{\vec{F}_N} = 0, \text{ tem-se } W_{\vec{F}_{\text{dissipativas}}} = -W_{\vec{F}_{\text{potente}}} = -2,2 \times 10^4 \text{ J}$$

14.1. (B)

14.2. Sendo o peso uma força conservativa, e tendo os dois objetos a mesma massa, o trabalho realizado pelo peso depende apenas da diferença de altura (desnível) entre a posição inicial e a posição final. Como as posições inicial e final se encontram à mesma altura em relação ao solo, nas duas situações, o trabalho realizado pelo peso é igual, nas duas situações.

- 14.3.** ▪ Determinação da variação de energia cinética da amostra entre as posições A e B:

$$m = 200 \text{ g} = 0,200 \text{ kg}$$

$$\Delta E_c = E_{c_B} - E_{c_A}$$

$$v_B = 0 \quad \Rightarrow \quad E_{c_B} = 0 \quad \text{logo, } \Delta E_c = 0 - \frac{1}{2} m v_A^2 \quad \Leftrightarrow \quad \Delta E_c = -\frac{1}{2} m v_A^2$$

$$\Delta E_c = -\frac{1}{2} \times 0,200 \times 0,50^2 = -2,50 \times 10^{-2} \text{ J}$$

- 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:

$$W_{\vec{F}_a} = \Delta E_m \quad \text{e} \quad W_{\vec{F}_a} = F_a d \cos \alpha \quad , \text{ sendo } d = 51 \text{ cm} = 0,51 \text{ m} \quad \text{e} \quad \alpha = 180^\circ$$

$$-1,07 \times 10^{-1} = F_a \times 0,51 \times \cos 180^\circ \quad \Leftrightarrow \quad F_a = \frac{-1,07 \times 10^{-1}}{0,51 \times (-1,00)} = 2,1 \times 10^{-1} \text{ N}$$

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, Δy , 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:

$$W_{\vec{p}} = P d \cos \alpha \quad \Leftrightarrow \quad W_{\vec{p}} = m g \Delta y \cos \alpha$$

$$m = 4,8 \text{ g} = 4,8 \times 10^{-3} \text{ kg} \quad \text{e} \quad \alpha = 0^\circ$$

$$W_{\vec{p}} = 4,8 \times 10^{-3} \times 10 \times 0,680 \times \cos 0^\circ \quad \Leftrightarrow \quad W_{\vec{p}} = 3,3 \times 10^{-2} \text{ J}$$

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:

$$W_{\vec{p}} = -\Delta E_p \quad \Leftrightarrow \quad W_{\vec{p}} = -(m g h_f - m g h_i) \quad \Leftrightarrow \quad W_{\vec{p}} = -m g \Delta h$$

$$W_{\vec{p}} = -4,8 \times 10^{-3} \times 10 \times (-0,680) \quad \Leftrightarrow \quad W_{\vec{p}} = 3,3 \times 10^{-2} \text{ J}$$

15.2. (A)

15.3. (D)

16. No percurso considerado, a bola desce na vertical, percorrendo uma distância de 50,0 cm = 0,500 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:

$$\begin{aligned} \Delta E_p &= E_{p_f} - E_{p_i} \quad \Leftrightarrow \quad \Delta E_p = m g h_f - m g h_i \quad \Leftrightarrow \quad \Delta E_p = m g (h_f - h_i) \quad \Leftrightarrow \\ &\Leftrightarrow \quad \Delta E_p = m g \Delta h \quad \Delta E_p = 4,0 \times 10^{-3} \times 10 \times (-0,500) \quad \Leftrightarrow \quad \Delta E_p = -2,00 \times 10^{-2} \text{ J} \end{aligned}$$

- 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:

$$W_{\vec{F}_g} = F_g d \cos \alpha, \quad \text{sendo } F_g = m g \quad \text{e } \alpha = 0^\circ$$

$$W_{\vec{F}_g} = 4,0 \times 10^{-3} \times 10 \times 0,500 \times \cos 0^\circ \quad \Leftrightarrow \quad W_{\vec{F}_g} = 2,00 \times 10^{-2} \text{ J}$$

- 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,

$$W_{\vec{F}_g} + W_{\vec{F}_{\text{resistência ar}}} = 0$$

$$2,00 \times 10^{-2} + W_{\vec{F}_{\text{resistência ar}}} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad W_{\vec{F}_{\text{resistência ar}}} = -2,00 \times 10^{-2} \text{ J}$$

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)

17.3. (C)

17.4. (A)

17.5. (B)

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. Os tempos de queda das bolas R e S são iguais.

18.2. (B)

18.3.1. (A)

18.3.2.



19.1. ▪ 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 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 da qual a bola foi abandonada:

Afirmar que a percentagem de energia dissipada é a mesma em cada ressalto é o mesmo que afirmar que o coeficiente de restituição é o mesmo em cada ressalto.

$$\text{coeficiente de restituição } 2.^\circ \text{ ressalto} = \sqrt{\frac{h_B}{h_A}}$$

$$\text{coeficiente de restituição } 1.^\circ \text{ ressalto} = \sqrt{\frac{h_A}{h}}$$

$$\sqrt{\frac{h_A}{h}} = \sqrt{\frac{h_B}{h_A}} \Rightarrow \frac{h_A}{h} = \frac{h_B}{h_A} \quad \frac{0,80}{h} = \frac{0,50}{0,80} \Leftrightarrow h = 1,3 \text{ m}$$

19.2. Em cada ressalto, existe dissipação de energia mecânica na interação entre a bola e o solo. Assim, a energia mecânica com que a bola sai do solo é inferior à energia mecânica com que a bola chega ao solo. Como existe conservação da energia mecânica quando a bola está no ar, a altura máxima atingida pela bola após cada ressalto é sucessivamente menor.

- 20.** ▪ Determinação da energia mecânica do sistema, no instante em que a bola é largada:

$$m = 100 \text{ g} = 0,100 \text{ kg}$$

$$E_m = E_c + E_p \Leftrightarrow E_m = \frac{1}{2} m v^2 + m g h$$

$$E_m = \frac{1}{2} \times 0,100 \times 0^2 + 0,100 \times 10 \times 1,5 = 1,50 \text{ J}$$

- Determinação do módulo da velocidade da bola quando se encontra a $\frac{1}{3}$ da altura h :

Sendo o atrito desprezável, a energia mecânica do sistema *bola + Terra* conserva-se.

$$E_m = \frac{1}{2} m v^2 + m g h$$

$$1,50 = \frac{1}{2} \times 0,100 \times v^2 + 0,100 \times 10 \times \frac{1}{3} \times 1,5 \Leftrightarrow 1,50 = 5,00 \times 10^{-2} \times v^2 + 0,500 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow v^2 = \frac{1,50 - 0,500}{5,00 \times 10^{-2}} \Rightarrow v = \sqrt{20} = 4,5 \text{ m s}^{-1}$$

21.1. (A)

21.2. (D)

21.3. (D)

- 22.** ▪ Determinação da energia cedida pelo corpo C na situação considerada:

$$E_f = m_c g h \quad E_f = 8,0 \times 10 \times 2,00 = 160 \text{ J}$$

- Determinação da energia absorvida pelo bloco de prata:

$$\text{Massa do bloco de prata} \rightarrow m_{\text{Ag}} = 600 \text{ g} = 0,600 \text{ kg}$$

$$E_u = m_{\text{Ag}} c \Delta\theta \quad E_u = 0,600 \times 2,34 \times 10^2 \times 0,80 = 112 \text{ J}$$

- Determinação do rendimento do processo:

$$\eta(\%) = \frac{E_u}{E_f} \times 100 \quad \eta(\%) = \frac{112}{160} \times 100 = 70\%$$

- 23.1.** ▪ 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:

$$\text{Maior desvio em relação à média} = 0,006 \text{ m s}^{-1}$$

$$v = (0,847 \pm 0,006) \text{ m s}^{-1}$$

- 23.2.** 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.

23.3. (A)

23.4. (A)

24.1. Trajetória retilínea.

24.2. (B)

24.3. Em cada ressalto, há dissipação de energia mecânica na colisão entre a bola e o solo. Assim, a bola inicia a subida com uma energia mecânica inferior à que tinha imediatamente antes da colisão, pelo que não sobe até à altura de que caiu.

24.4. ▪ Determinação do módulo da velocidade da bola imediatamente antes da colisão correspondente ao primeiro ressalto, v_{antes} :

Altura de queda antes do 1.º ressalto (obtida por leitura do gráfico) $\rightarrow h_{\text{queda}} = 1,55 \text{ m}$

Admitindo que, durante a queda, há conservação da energia mecânica, tem-se

$$\frac{1}{2} m v_{\text{antes}}^2 = m g h_{\text{queda}} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{\frac{1}{2} m v_{\text{antes}}^2}{m} = \frac{m g h_{\text{queda}}}{m} \quad \Leftrightarrow$$

$$\frac{1}{2} v_{\text{antes}}^2 = g h_{\text{queda}} \quad \Rightarrow \quad v_{\text{antes}} = \sqrt{2 g h_{\text{queda}}}$$

$$v_{\text{antes}} = \sqrt{2 \times 10 \times 1,55} = 5,57 \text{ m s}^{-1}$$

▪ Determinação do módulo da velocidade da bola imediatamente após a colisão correspondente ao primeiro ressalto, $v_{\text{após}}$:

Altura máxima atingida após o 1.º ressalto (obtida por leitura do gráfico) $\rightarrow h_{\text{ressalto}} = 1,20 \text{ m}$

Admitindo que, durante a subida, há conservação da energia mecânica, tem-se

$$\frac{1}{2} m v_{\text{após}}^2 = m g h_{\text{ressalto}} \quad \Rightarrow \quad v_{\text{após}} = \sqrt{2 g h_{\text{ressalto}}}$$

$$v_{\text{após}} = \sqrt{2 \times 10 \times 1,20} = 4,90 \text{ m s}^{-1}$$

▪ Determinação do coeficiente de restituição:

$$\text{coeficiente restituição} = \frac{4,90}{5,57} = 0,88$$

25.1. ▪ 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):

$$0,53 \text{ m} \pm 2\%$$

- 25.2.1.** ▪ Apresentação da tabela com o registo, para cada um dos ressaltos, da altura de queda, h_{queda} , e da altura máxima atingida pela bola após o ressalto, $h_{\text{após}}$:

$h_{\text{queda}} / \text{m}$	$h_{\text{após}} / \text{m}$
1,20	0,82
0,82	0,56
0,56	0,38
0,38	0,27

- Determinação, para $h_{\text{após}}$ em função de h_{queda} , da equação da reta que melhor se ajusta ao conjunto de valores registados na tabela:

$$h_{\text{após}} = 0,675 h_{\text{queda}} + 0,008 \quad (\text{SI})$$

- Cálculo do coeficiente de restituição na colisão da bola com o solo:

$$e = \sqrt{\frac{h_{\text{após}}}{h_{\text{queda}}}} \Rightarrow e = \sqrt{\text{declive da reta}} \quad e = \sqrt{0,675} \Leftrightarrow e = 0,82$$

25.2.2. (D)

26.1. $\pm 0,5 \text{ mm}$

26.2. Pode-se concluir que a energia dissipada diminui à medida que a distância percorrida sobre o plano diminui e que a intensidade da força de atrito é independente da distância percorrida sobre o plano.

- 26.3.1.** ▪ Determinação da variação de energia mecânica do sistema considerado entre as posições inicial e final:

$$m = 561,64 \text{ g} = 0,56164 \text{ kg} \quad e \quad h = 47,00 \text{ cm} = 47,00 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\Delta E_m = E_{m_f} - E_{m_i} \Leftrightarrow \Delta E_m = (E_{c_f} + E_{p_f}) - (E_{c_i} + E_{p_i})$$

$$v_i = 0 \Rightarrow E_{c_i} = 0 \quad e \quad h_f = 0 \Rightarrow E_{p_f} = 0 \text{ logo,}$$

$$\Delta E_m = \frac{1}{2} m v_f^2 - m g h_i$$

$$\Delta E_m = \frac{1}{2} \times 0,56164 \times 1,30^2 - 0,56164 \times 10 \times 47,00 \times 10^{-2} \Leftrightarrow \Delta E_m = -2,165 \text{ J}$$

- Determinação da intensidade da força de atrito que atuou sobre o conjunto:

$$W_{\vec{F}_a} = \Delta E_m \quad e \quad W_{\vec{F}_a} = F_a d \cos \alpha, \text{ sendo } d = 125,00 \text{ cm} = 125,00 \times 10^{-2} \text{ m} \quad e \quad \alpha = 180^\circ$$

$$-2,165 = F_a \times 125,00 \times 10^{-2} \times \cos 180^\circ \Leftrightarrow F_a = \frac{-2,165}{125,00 \times 10^{-2} \times (-1,00)} = 1,73 \text{ N}$$

26.3.2. (A)

RESOLUÇÕES

FÍSICA 11.º ANO

UNIDADE 1

**Movimentos na Terra
e no Espaço**

1.1. (C)

1.2. (C)

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)

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)

4.1. (B)

4.2. (C)

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:

$$m = 400 \text{ g} = 0,400 \text{ kg}$$

$$\Delta E_c = E_{c_f} - E_{c_i}$$

$$v_f = 0 \Rightarrow E_{c_f} = 0 \text{ logo, } \Delta E_c = 0 - \frac{1}{2} m v_i^2 \Leftrightarrow \Delta E_c = -\frac{1}{2} m v_i^2$$

$$\Delta E_c = -\frac{1}{2} \times 0,400 \times 2,0^2 = -0,800 \text{ J}$$

- 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 automóvel, no percurso considerado:

$$W_{\vec{F}_{\text{NC}}} = F_{\text{NC}} d \cos \alpha$$

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)

- 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)

- 5.4.** ▪ Equações do movimento, $y(t)$ e $v_y(t)$:

Tendo em conta o referencial considerado, $y_0 = y_C = 80 \text{ cm} = 0,80 \text{ m}$

No ponto C a componente vertical da velocidade é nula, pelo que $v_{0y} = 0$.

Tendo em conta o referencial considerado e sendo desprezável a resistência do ar, $a_y = -10 \text{ m s}^{-2}$.

$$\text{Assim, } y = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}a_y t^2 \quad y = 0,80 + 0t - \frac{1}{2} \times 10 \times t^2 \Leftrightarrow y = 0,80 - 5,0 t^2$$

$$\text{e } v_y = v_{0y} + a_y t \quad v_y = 0 - 10t \Leftrightarrow v_y = -10t$$

- Cálculo do tempo que o carrinho demora a atingir a posição situada a 30 cm do solo:

A 30 cm do solo, $y = 30 \text{ cm} = 0,30 \text{ m}$, pelo que

$$y = 0,80 - 5,0 t^2 \quad 0,30 = 0,80 - 5,0 t^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{0,80 - 0,30}{5,0}} = 0,316 \text{ s}$$

- Cálculo da componente escalar, segundo o eixo Oy, da velocidade do carrinho, v_y , quando este se encontra a 30 cm do solo:

$$\text{Sendo } v_y = -10t \text{ e } t = 0,316 \text{ s tem-se } v_y = -10 \times 0,316 \Leftrightarrow v_y = -3,2 \text{ m s}^{-1}$$

6.1. Movimento retilíneo uniforme.

6.2. (D)

- 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)

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

$$\frac{1,50 \text{ cm}}{3,0 \text{ km}} = \frac{5,55 \text{ cm}}{\Delta x} \Leftrightarrow \Delta x = 11,1 \text{ km}$$

- ▀ Determinação do tempo que o automóvel demora a percorrer o troço considerado:

$$\frac{80 \text{ km}}{1 \text{ h}} = \frac{11,1 \text{ km}}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = 0,14 \text{ h}$$

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 diretamente proporcionais ($\vec{F} = m \vec{a}$).

Então, sendo a aceleração do automóvel nula, a resultante das forças que sobre ele atuam também é nula.

8.2.1. (C)

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)

9.2. (B)

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)

10.1. (D)

10.2. (A)

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)

10.4.2. (B)

10.4.3. ▪ Cálculo da intensidade da força gravítica exercida pela Terra sobre a Lua:

$$F_g = G \frac{m_{\text{Terra}} m_{\text{Lua}}}{r^2} \quad \text{sendo} \quad r = 3,84 \times 10^5 \text{ km} = 3,84 \times 10^8 \text{ m}$$

$$F_g = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{5,98 \times 10^{24} \times 7,35 \times 10^{22}}{(3,84 \times 10^8)^2} \quad \Leftrightarrow \quad F_g = 1,988 \times 10^{20} \text{ N}$$

▪ 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 sobre a Lua,

$$F_g = m_{\text{Lua}} a_{\text{Lua}}$$

$$1,988 \times 10^{20} = 7,35 \times 10^{22} \times a_{\text{Lua}} \quad \Leftrightarrow \quad a_{\text{Lua}} = \frac{1,988 \times 10^{20}}{7,35 \times 10^{22}} = 2,705 \times 10^{-3} \text{ m s}^{-2}$$

▪ 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^{-2} .

$$\frac{a_{\text{Lua}}}{a_{\text{fruto}}} = \frac{2,705 \times 10^{-3}}{10} = 2,7 \times 10^{-4}$$

11.1. Na Lua a atmosfera é praticamente inexistente.

11.2. (D)

11.3. (A)

11.4. (B)

12.1. (D)

12.2. (C)

12.3. (B)

12.4. ▪ Equações que traduzem o movimento:

Na situação descrita, a única força que atua sobre o objeto é a força gravítica, que tem direção vertical. Assim, o movimento do objeto pode ser decomposto em dois movimentos:

– movimento uniforme, na direção horizontal ($x = x_0 + v_{0x}t$)

– movimento uniformemente acelerado, na direção vertical ($y = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}a_y t^2$)

Na direção horizontal, $x_0 = 0$ e $v_{0x} = 3,0 \text{ m s}^{-1}$, pelo que $x = 3,0 t$ (SI)

Na direção vertical, $y_0 = 1,40 \text{ m}$, $v_{0y} = 0$ e $a_y = -\frac{1}{6} \times 10 \text{ m s}^{-2}$, pelo que

$$y = 1,40 - \frac{1}{2} \times \frac{10}{6} t^2 \Leftrightarrow y = 1,40 - 0,83 t^2 \quad (\text{SI})$$

- Determinação do tempo que o objeto demora a atingir a posição P, de coordenada $y = 1,20 \text{ m}$:

$$1,20 = 1,40 - 0,83 t^2 \Leftrightarrow t^2 = \frac{1,20 - 1,40}{-0,83} \Leftrightarrow t^2 = 0,241 \Rightarrow t = \sqrt{0,241} = 0,491 \text{ s}$$

- Determinação da coordenada x_P :

$x = 3,0 t$ e o objeto demora $0,491 \text{ s}$ a atingir a posição P, logo $x_P = 3,0 \times 0,491 = 1,5 \text{ m}$

13.1. No percurso entre as posições B e C, atuam sobre a esfera a força gravítica e a força normal exercida pela mesa. A força que constitui um par ação-reação com a força gravítica está aplicada na Terra. A força que constitui um par ação-reação com a força normal exercida pela mesa está aplicada na mesa.

13.2. ▪ Equações que traduzem o movimento:

O movimento da esfera entre a posição C e o solo pode ser decomposto em dois movimentos:

– movimento uniforme, na direção horizontal ($x = x_0 + v_{0x}t$)

– movimento uniformemente acelerado, na direção vertical ($y = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}a_y t^2$)

Na direção horizontal, $x_0 = 0$ e $v_{0x} = 2,5 \text{ m s}^{-1}$, pelo que $x = 2,5 t$ (SI)

Na direção vertical, $v_{0y} = 0$ e $a_y = -10 \text{ m s}^{-2}$, pelo que $y = y_0 - \frac{1}{2} \times 10 t^2 \Leftrightarrow$

$$\Leftrightarrow y = y_0 - 5,0 t^2 \quad (\text{SI})$$

- Cálculo do tempo de queda da esfera:

$$x = 2,5 t \quad 1,0 = 2,5 t \Leftrightarrow t = \frac{1,0}{2,5} \Leftrightarrow t = 0,400 \text{ s}$$

- Cálculo da altura máxima a que o tampo da mesa se deverá encontrar em relação ao solo:

$$y = y_0 - 5,0 t^2 \quad 0 = y_0 - 5,0 \times 0,400^2 \Leftrightarrow y_0 = 0,80 \text{ m}$$

A altura máxima a que o tampo da mesa se deverá encontrar em relação ao solo é $0,80 \text{ m}$.

13.3. (B)

14.1. (C)

14.2. (B)

- 14.3.** O módulo da velocidade com que a esfera atinge a posição C (velocidade de lançamento) é superior na situação I, uma vez que, nessa situação, a energia dissipada no trajeto entre as posições A e C é desprezável.

O tempo de queda da esfera é o mesmo nas situações I e II, uma vez que, num lançamento horizontal, esse tempo depende apenas da altura de queda.

Sendo o alcance igual ao produto do módulo da velocidade de lançamento pelo tempo de queda da esfera, conclui-se que o alcance será superior na situação I.

- 14.4.** ▪ Determinação da energia mecânica do sistema *esfera + Terra* na posição A:

$$m = 30,0 \text{ g} = 30,0 \times 10^{-3} \text{ kg} \quad h_A = 50,0 \text{ cm} = 50,0 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$E_{p_A} = m g h_A \quad E_{p_A} = 30,0 \times 10^{-3} \times 10 \times 50,0 \times 10^{-2} \quad \Leftrightarrow \quad E_{p_A} = 1,50 \times 10^{-1} \text{ J}$$

$$v_A = 0 \quad \Rightarrow \quad E_{c_A} = 0$$

$$E_{m_A} = E_{p_A} + E_{c_A} \quad E_{m_A} = 1,50 \times 10^{-1} \text{ J}$$

- Determinação da energia mecânica da esfera na posição C:

$$E_{c_C} = \frac{1}{2} m v_C^2 \quad E_{c_C} = \frac{1}{2} \times 30,0 \times 10^{-3} \times 2,8^2 \quad \Leftrightarrow \quad E_{c_C} = 1,18 \times 10^{-1} \text{ J}$$

$$h_C = 0 \quad \Rightarrow \quad E_{p_C} = 0$$

$$E_{m_C} = E_{p_C} + E_{c_C} \quad E_{m_C} = 1,18 \times 10^{-1} \text{ J}$$

- Determinação da energia dissipada no trajeto entre as posições A e C:

$$E_{\text{dissipada}} = |\Delta E_m|$$

$$E_{\text{dissipada}} = |1,18 \times 10^{-1} - 1,50 \times 10^{-1}| \quad E_{\text{dissipada}} = 3,2 \times 10^{-2} \text{ J}$$

- 15.** ▪ 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:

$$t^2 = 5,754 d - 4 \times 10^{-3} \text{ (SI)} \quad (\text{equação obtida com a calculadora gráfica})$$

- 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 na calculadora gráfica (5,754) é igual a $\frac{2}{a}$.

$$\frac{2}{a} = 5,754 \quad \Leftrightarrow \quad a = \frac{2}{5,754} = 0,348 \text{ m s}^{-2}$$

- 16.1.** (C)

- 16.2.** ▪ 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, $y_0 = 0$ m. A criança demorou 2,1 s a atingir a posição $y = 4,0$ m. Assim,

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad 4,0 = 0 + 0 \times t + \frac{1}{2} a \times 2,1^2 \Leftrightarrow 4,0 = 2,21 a \Leftrightarrow a = 1,81 \text{ m s}^{-2}$$

- Determinação da intensidade da resultante das forças que atuam na criança, na situação considerada:

$$F = m a \quad F = 30 \times 1,81 = 54 \text{ N}$$

- 17.** ▪ 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:

$$d = 60 \text{ cm} = 0,60 \text{ m}$$

$$W_{\vec{F}_{\text{res}}} = \Delta E_c \quad \Leftrightarrow \quad F_{\text{res}} d \cos \alpha = \Delta E_c$$

$$F_{\text{res}} \times 0,60 \times \cos 180^\circ = -0,150 \quad \Leftrightarrow \quad F_{\text{res}} = 0,250 \text{ N}$$

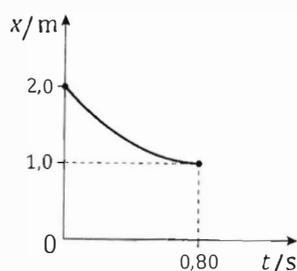
- Cálculo do módulo da aceleração do paralelepípedo, no percurso BC:

$$F = m a \quad 0,250 = 0,300 \times a \quad \Leftrightarrow \quad a = 0,83 \text{ m s}^{-2}$$

18.1. (A)

18.2. (D)

18.3.



19. (D)

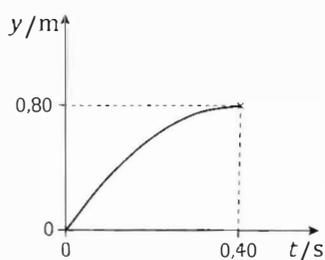
20.1. (B)

20.2. (D)

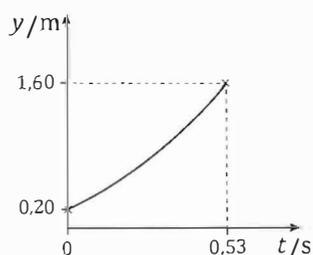
20.3. ▪ Equação $y(t)$, que traduz o movimento da bola após o ressalto no solo:

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

▪ Gráfico obtido com a calculadora:



21.1.1.



21.1.2. (D)

21.1.3. 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 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.

21.2. (D)

22. ▪ 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 $v = v_0 + a t$.

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, $y = y_0 - 30,3 t + \frac{1}{2} \cdot 20 t^2 \Leftrightarrow y = y_0 - 30,3 t + 10 t^2$ 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.

23.1. (D)

- 23.2. 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.

- 23.3. ▪ 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,

$$\frac{1}{2} m v_B^2 = m g h_A \Leftrightarrow \frac{1}{2} \frac{m v_B^2}{m} = \frac{m g h_A}{m} \Leftrightarrow \frac{1}{2} v_B^2 = g h_A \Rightarrow v_B = \sqrt{2 g h_A}$$

$$v_B = \sqrt{2 \times 10 \times 0,30} = 2,45 \text{ m s}^{-1}$$

- Determinação do módulo da aceleração do bloco no percurso BC:

$$m = 100 \text{ g} = 0,100 \text{ kg}$$

No troço BC a resultante das forças que atuam sobre o carrinho é igual à força de atrito.

Assim,

$$F = m a \quad 0,50 = 0,100 a \quad \Leftrightarrow \quad a = \frac{0,50}{0,100} = 5,00 \text{ m s}^{-2}$$

- Determinação do tempo que o bloco demora a percorrer o troço BC:

O bloco percorre esse troço com movimento retilíneo uniformemente retardado.

Considerando um referencial unidimensional horizontal e com sentido positivo de B para C, a componente escalar da aceleração será $a = -5,00 \text{ m s}^{-2}$.

$$v_C = v_B + a t \quad 0 = 2,45 - 5,00 t \quad \Leftrightarrow \quad t = \frac{-2,45}{-5,00} = 0,49 \text{ s}$$

24. Verdadeiras – (B); (D); (E); (F).

Falsas – (A) [NOTA: a aceleração diminui, nesse intervalo de tempo]; (C) [NOTA: a resistência do ar não é desprezável, logo a força gravítica não é a única força a atuar]; (G) [NOTA: a resistência do ar não é desprezável, logo não há conservação da energia mecânica]; (H) [NOTA: a velocidade é constante, mas diferente de zero].

25.1.1. (B)

25.1.2. (C)

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 $t = 0,90 \text{ s} \rightarrow 0,76 \text{ m}$

Componente escalar da posição, y , no instante $t = 1,30 \text{ s} \rightarrow 0,20 \text{ m}$

$$\Delta E_p = E_{p_f} - E_{p_i} \quad \Leftrightarrow \quad \Delta E_p = m g h_f - m g h_i$$

$$m = 0,23 \text{ g} = 2,3 \times 10^{-4} \text{ kg}$$

$$\Delta E_p = 2,3 \times 10^{-4} \times 10 \times 0,20 - 2,3 \times 10^{-4} \times 10 \times 0,76 \quad \Leftrightarrow \quad \Delta E_p = -1,29 \times 10^{-3} \text{ J}$$

- 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 ΔE_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.

$$W_{\vec{F}_g} + W_{\vec{F}_{\text{ar}}} = 0 \quad 1,29 \times 10^{-3} + W_{\vec{F}_{\text{ar}}} = 0 \quad \Leftrightarrow \quad W_{\vec{F}_{\text{ar}}} = -1,29 \times 10^{-3} \text{ J}$$

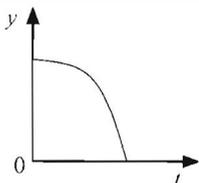
- Determinação da energia dissipada pelo sistema *objeto de papel + Terra* no intervalo de tempo considerado:

$$E_{\text{dissipada}} = |W_{\vec{F}_{\text{NC}}}|$$

Como a única força não conservativa a atuar no objeto de papel é a força de resistência do ar,

$$E_{\text{dissipada}} = |W_{\vec{F}_{\text{ar}}}| = 1,3 \times 10^{-3} \text{ J}$$

25.2.1.



25.2.2. (B)

25.2.3. (D)

25.2.4. (A)

- 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)

26.3.1. $v_y = -5,1 \text{ m s}^{-1}$ [NOTA: Como atingiu a velocidade terminal, o movimento da gota é uniforme, podendo ser descrito por uma equação do tipo $y = y_0 + v t$. A equação da reta que melhor se ajusta ao conjunto de valores apresentado na tabela é: $y = 1,69 - 5,1x$, onde y é a componente escalar da posição da gota de água, em relação ao referencial considerado, e x é o tempo de queda.]

26.3.2. ▪ 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 $y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ 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 $v = -10 t$ (SI) e $y = 1,70 - 5,0 t^2$ (SI)

- Determinação do instante em que a gota chega à base da coluna, isto é, à posição $y = 0 \text{ m}$:

$$0 = 1,70 - 5,0 t^2 \Leftrightarrow 5,0 t^2 = 1,70 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{1,70}{5,0}} = 0,583 \text{ s}$$

- 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. ▪ Equações que traduzem o movimento da bola:

Como a resistência do ar pode ser considerada desprezável, a bola move-se unicamente sujeita à força gravítica, com movimento retilíneo uniformemente variado. Assim, o seu movimento será traduzido pelas equações gerais $y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ e $v = v_0 + at$

Tendo em conta o referencial considerado, $a = -10 \text{ m s}^{-2}$, $y_0 = 0 \text{ m}$ e $v_0 = 6,0 \text{ m s}^{-1}$, pelo que as equações do movimento serão $y = 6,0 t - 5,0 t^2$ (SI) e $v = 6,0 - 10 t$ (SI)

- Determinação do instante em que a bola atinge a altura máxima:

No instante em que a bola atinge a altura máxima, $v = 0 \text{ m s}^{-1}$

$$0 = 6,0 - 10 t \Leftrightarrow 10 t = 6,0 \Leftrightarrow t = 0,600 \text{ s}$$

- Determinação da altura máxima atingida pela bola:

$$y = 6,0 \times 0,600 - 5,0 \times 0,600^2 \quad \Leftrightarrow \quad y = 1,8 \text{ m}$$

27.2. (A)

28.1. (C)

28.2.1. O período do movimento dos satélites do sistema GPS é de 12 horas, enquanto o dos satélites geostacionários é de 24 horas (igual ao período de rotação da Terra). Assim, os satélites do sistema GPS não são geostacionários.

28.2.2. (D)

- 28.2.3. ▪ Determinação do raio da órbita do satélite:

$$T = 12 \text{ h} = (12 \times 3600) \text{ s} = 4,32 \times 10^4 \text{ s}$$

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad 3,87 \times 10^3 = \frac{2\pi r}{4,32 \times 10^4} \quad \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \quad r = \frac{3,87 \times 10^3 \times 4,32 \times 10^4}{2\pi} \quad \Leftrightarrow \quad r = 2,66 \times 10^7 \text{ m}$$

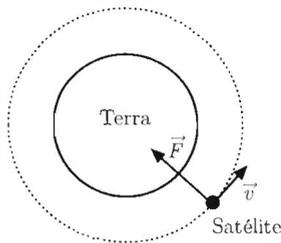
- Determinação do tempo que o sinal eletromagnético demora a chegar ao recetor:

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,

$$v = \frac{d}{t} \quad \Leftrightarrow \quad t = \frac{d}{v} \quad t = \frac{2,66 \times 10^7 - 6,4 \times 10^6}{3,00 \times 10^8} = 6,7 \times 10^{-2} \text{ s}$$

29.1.



29.2. (D)

29.3. (A)

30.1. (B)

- 30.2. ▪ 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,

$$F_{\text{g}} = m_{\text{satélite}} a_c$$

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:

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad 3,07 \times 10^3 = \frac{2\pi \times 4,24 \times 10^7}{T} \Leftrightarrow T = \frac{2\pi \times 4,24 \times 10^7}{3,07 \times 10^3} \Leftrightarrow$$

$$T = 8,7 \times 10^4 \text{ s} = 24 \text{ h}$$

- 31.1.** ▪ 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:

$$F_{g_{\text{Terra}}} = m g \quad F_{g_{\text{Terra}}} = 50 \times 10 = 5,0 \times 10^2 \text{ N}$$

$$\frac{F_{g_{\text{órbita}}}}{F_{g_{\text{Terra}}}} = \frac{3,9 \times 10^2 \text{ N}}{5,0 \times 10^2 \text{ N}} \approx \frac{4}{5}$$

31.2. (C)

- 32.1.** 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.

32.2. ▪ Determinação do módulo da velocidade do telescópio:

$$r_{\text{órbita}} = 5,9 \times 10^2 \text{ km} + 6,4 \times 10^3 \text{ km} \quad \Leftrightarrow \quad r_{\text{órbita}} = 6,99 \times 10^3 \text{ km} = 6,99 \times 10^6 \text{ m}$$

$$v = \sqrt{\frac{G m_T}{r_{\text{órbita}}}} \quad v = \sqrt{\frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,98 \times 10^{24}}{6,99 \times 10^6}} = 7,55 \times 10^3 \text{ m s}^{-1}$$

▪ Determinação do tempo que o telescópio demora a descrever uma órbita completa:

tempo que o telescópio demora a descrever uma órbita completa = período

$$v = \frac{2\pi r}{T} \quad 7,55 \times 10^3 = \frac{2\pi \times 6,99 \times 10^6}{T} \quad \Leftrightarrow \quad T = \frac{2\pi \times 6,99 \times 10^6}{7,55 \times 10^3} = 5,8 \times 10^3 \text{ s}$$

33.1. (D)

33.2. Verdadeiras – (A); (D); (E); (G).

Falsas – (B) [NOTA: o vetor velocidade é, em cada ponto, tangente à trajetória. Como a trajetória é circular, a direção da velocidade não é constante]; (C) [NOTA: em 2 h o MC dá uma volta completa, pelo que a distância percorrida nesse intervalo de tempo é igual ao perímetro da circunferência, ou seja, é $(2\pi \times 1,9 \times 10^6) \text{ m}$]; (F) [NOTA: na órbita considerada, o módulo da velocidade do MC depende apenas da massa da Lua e do raio da órbita]; (H) [NOTA: o movimento é circular uniforme, logo o módulo da velocidade é constante, pelo que a energia cinética se mantém constante].

34.1. (C)

34.2. ▪ Cálculo do módulo da velocidade angular da bola:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad \omega = \frac{2\pi}{1,0} \quad \Leftrightarrow \quad \omega = 6,28 \text{ rad s}^{-1}$$

▪ Cálculo do módulo da aceleração da bola:

$$a_c = \omega^2 r \quad a_c = 6,28^2 \times 0,30 \quad \Leftrightarrow \quad a_c = 11,8 \text{ m s}^{-2}$$

▪ Cálculo da intensidade da resultante das forças que atuam na bola:

$$m = 57,0 \text{ g} = 57,0 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$F = ma \quad F = 57,0 \times 10^{-3} \times 11,8 \quad \Leftrightarrow \quad F = 0,67 \text{ N}$$

35.1. (A)

35.2. 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. Conseqüentemente, os cavalinhos A e B movem-se com velocidades angulares, ω , 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.

36. $1,78 \text{ m s}^{-2}$ [NOTA: A equação da reta que melhor se ajusta ao conjunto de valores apresentado na tabela é $y = 1,78x + 0,0044$, onde y é a intensidade da resultante das forças aplicadas nos conjuntos e x é a massa dos conjuntos.]

37.1.1. 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.

37.1.2. ▪ 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:

$$a = \frac{v_Y - v_X}{\Delta t_{\text{queda}}} \quad a = \frac{2,325 - 0}{0,2272} = 10,2 \text{ m s}^{-2}$$

37.2. (D)

38.1. (D)

38.2. ▪ Determinação do módulo da velocidade da esfera na posição B:

Sendo desprezáveis o atrito e a resistência do ar, há conservação da energia mecânica do sistema. Assim,

$$E_{m_B} = E_{m_A} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{1}{2} m v_B^2 + m g h_B = \frac{1}{2} m v_A^2 + m g h_A$$

$$v_A = 0 \quad \text{logo,}$$

$$\frac{1}{2} m v_B^2 + m g h_B = m g h_A \quad \Leftrightarrow \quad \frac{1}{2} m v_B^2 = m g h_A - m g h_B \quad \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \quad \frac{1}{2} m v_B^2 = m g (h_A - h_B) \quad \Leftrightarrow \quad \frac{\frac{1}{2} m v_B^2}{m} = \frac{m g (h_A - h_B)}{m} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{1}{2} v_B^2 = g (h_A - h_B) \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \quad v_B = \sqrt{2 g (h_A - h_B)}$$

$$(h_A - h_B) = 24,0 \text{ cm} = 24,0 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$v_B = \sqrt{2 \times 10 \times 24,0 \times 10^{-2}} = 2,19 \text{ m s}^{-1}$$

▪ Determinação do tempo de voo da esfera:

Na direção vertical o movimento da esfera é uniformemente acelerado, descrito por uma equação do tipo $y = y_0 + v_{0y}t + \frac{1}{2}a_y t^2$

Na situação descrita, e considerando um referencial de eixo vertical com origem no solo e sentido positivo de baixo para cima, $y_0 = 80,0 \text{ cm} = 80,0 \times 10^{-2} \text{ m}$ e $a_y = -10 \text{ m s}^{-2}$. Na posição B o vetor velocidade tem direção horizontal, pelo que $v_{0y} = 0$. Assim,

$$y = 80,0 \times 10^{-2} - \frac{1}{2} \times 10 t^2 \quad 0 = 80,0 \times 10^{-2} - 5,0 t^2 \quad \Leftrightarrow \quad 5,0 t^2 = 80,0 \times 10^{-2} \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \quad t = \sqrt{\frac{80,0 \times 10^{-2}}{5,0}} = 0,400 \text{ s}$$

- Determinação da distância entre os pontos D e E (alcance) e conclusão:

Na direção horizontal o movimento da esfera é uniforme, descrito por uma equação do tipo $x = x_0 + v_x t$

Na situação descrita, e considerando um referencial de eixo horizontal, com origem no ponto D e sentido positivo da esquerda para a direita, $x_0 = 0 \text{ m}$ e $v_x = v_B = 2,19 \text{ m s}^{-1}$

$$x = 2,19 t \quad x = 2,19 \times 0,400 = 0,88 \text{ m}$$

A esfera cai a 88 cm do ponto D, pelo que os alunos podem colocar a caixa na posição indicada na figura.

38.3. (C)

- 39.1.** ▪ Determinação do valor mais provável da distância entre os pontos O e C (alcance, x_{\max}):

$$\bar{x}_{\max} = \frac{1,16 + 1,18 + 1,17}{3} = 1,17 \text{ m}$$

- Determinação do tempo de voo da esfera:

Na direção vertical o movimento da esfera é uniformemente acelerado, descrito por uma equação do tipo $y = y_0 + v_{0y} t + \frac{1}{2} a_y t^2$

Na situação descrita, $y_0 = 2,05 \text{ m}$ e $a_y = -10 \text{ m s}^{-2}$. Na posição B o vetor velocidade tem direção horizontal, pelo que $v_{0y} = 0$. Assim,

$$y = 2,05 - \frac{1}{2} \times 10 t^2 \quad 0 = 2,05 - 5,0 t^2 \quad \Leftrightarrow \quad 5,0 t^2 = 2,05 \quad \Rightarrow \quad t = \sqrt{\frac{2,05}{5,0}} = 0,640 \text{ s}$$

- Determinação do valor da velocidade da esfera à saída da calha:

Na direção horizontal o movimento da esfera é uniforme, descrito por uma equação do tipo $x = x_0 + v_x t$

Na situação descrita, $x_0 = 0 \text{ m}$, $v_x = v_B$ e $x = x_{\max} = 1,17 \text{ m}$ para $t = 0,640 \text{ s}$

$$1,17 = v_B \times 0,640 \quad \Leftrightarrow \quad v_B = \frac{1,17}{0,640} = 1,8 \text{ m s}^{-1}$$

39.2. $x = 0,674 v_B - 0,059$ (SI)

39.3. (A)

- 40.1.** ▪ Determinação do valor mais provável do tempo que a esfera demorou a passar em frente à célula fotoelétrica:

$$\Delta t = \frac{0,0150 + 0,0147 + 0,0147}{3} = 0,0148 \text{ s}$$

- Determinação do valor mais provável do módulo da velocidade com que a esfera passa na posição B:

Em 0,0148 s a esfera percorre uma distância igual ao seu diâmetro (27,0 mm = $27,0 \times 10^{-3}$ m), com velocidade de módulo constante.

$$v = \frac{d}{\Delta t} \quad v = \frac{27,0 \times 10^{-3}}{0,0148} \quad \Leftrightarrow \quad v = 1,82 \text{ m s}^{-1}$$

40.2.1. Tempo de voo da esfera (intervalo de tempo decorrido desde o instante em que a esfera passa no ponto B até ao instante em que atinge a caixa com areia)

40.2.2. ▪ Determinação, para o gráfico do alcance em função do módulo da velocidade de lançamento, da equação da reta que melhor se ajusta ao conjunto de valores apresentados na tabela:

$y = 0,4691x + 2 \times 10^{-4}$ (SI), onde y representa o alcance ($x_{\text{máx}}$) e x representa o módulo da velocidade de lançamento (v_B).

▪ Determinação do módulo da velocidade de lançamento que conduz a um alcance de 1,10 m:

$$x_{\text{máx}} = 0,4691 v_B + 2 \times 10^{-4} \quad 1,10 = 0,4691 v_B + 2 \times 10^{-4} \quad \Leftrightarrow \quad v_B = 2,345 \text{ m s}^{-1}$$

▪ Determinação da altura máxima, em relação ao tampo da mesa, da qual a esfera pode ser abandonada:

Sendo desprezáveis todas as forças dissipativas, há conservação da energia mecânica do sistema desde a posição da qual a esfera é abandonada sobre a calha até à posição B.

$$E_{m_i} = E_{m_f} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{1}{2} m v_i^2 + m g h_{\text{máx}} = \frac{1}{2} m v_B^2 + m g h_B$$

$v_i = 0$ e, considerando o tampo da mesa como nível de referência para a energia potencial gravítica, $h_B = 0$. Assim,

$$m g h_{\text{máx}} = \frac{1}{2} m v_B^2 \quad \Leftrightarrow \quad \frac{m g h_{\text{máx}}}{m} = \frac{\frac{1}{2} m v_B^2}{m} \quad \Leftrightarrow \quad g h_{\text{máx}} = \frac{1}{2} v_B^2$$

$$10 \times h_{\text{máx}} = \frac{1}{2} \times 2,345^2 \quad \Leftrightarrow \quad h_{\text{máx}} = 0,27 \text{ m}$$

41.1. (C)

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 sobre o 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 sobre o 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.

RESOLUÇÕES

FÍSICA 11.º ANO

UNIDADE 2

Comunicações

1.1. A onda que se propaga na mola é longitudinal uma vez que as espiras vibram paralelamente à direção de propagação da onda.

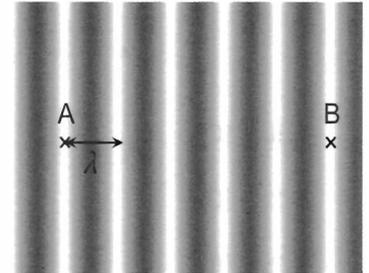
1.2. (D)

1.3. (C)

2. ▪ Determinação do comprimento de onda:

A figura mostra que a distância entre os pontos A e B é igual a 5λ . Assim,

$$\lambda = \frac{20,8 \text{ cm}}{5} = 4,16 \text{ cm}$$



▪ Determinação do módulo da velocidade de propagação das ondas:

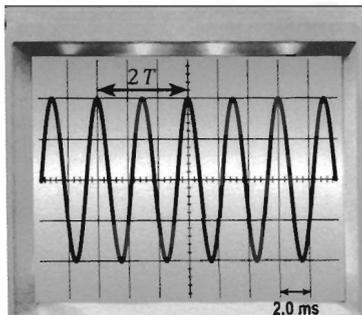
$$\lambda = \frac{v}{f} \Leftrightarrow v = \lambda f \quad v = 4,16 \times 6,0 = 25 \text{ cm s}^{-1}$$

3.1. (B)

3.2. 440 Hz

3.3.1. Microfone.

3.3.2. ▪ 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:

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad \text{e} \quad f = \frac{1}{T} \quad \Rightarrow \quad \lambda = vT \quad \lambda = 343 \times 3,0 \times 10^{-3} = 1,0 \text{ m}$$

4.1. (C)

4.2. (A)

4.3. (B)

4.4. (D)

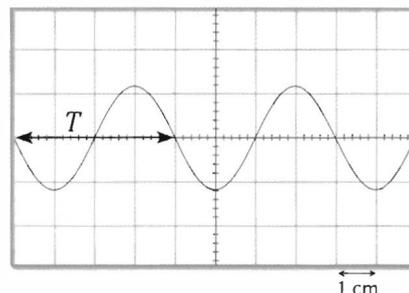
5.1. (B)

- 5.2. ▪ Determinação do período do sinal:

$$\frac{1 \text{ cm}}{0,5 \text{ ms}} = \frac{4 \text{ cm}}{T} \Leftrightarrow T = 2,0 \text{ ms} = 2,0 \times 10^{-3} \text{ s}$$

- Determinação da frequência angular do sinal:

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



- 5.3. (C)

- 6.1. (C)

- 6.2. (B)

7. (D)

- 8.1. O som necessita de um meio material para se propagar. Como a Lua não possui atmosfera apreciável, não ocorre propagação de som.

- 8.2.1. (C)

- 8.2.2. (C)

- 8.2.3. O processo de modulação requer também uma onda portadora.

A modulação consiste na alteração da frequência ou da amplitude da onda portadora, por combinação com a onda que contém a informação a transmitir.

- 9.1. (D)

- 9.2. (D)

- 9.3. (C)

- 9.4. Volt

- 10.1. (D)

- 10.2. (B)

- 10.3. (D)

- 10.4. Uma corrente elétrica origina um campo magnético.

- 10.5.1. [0,4; 0,8] s [NOTA: 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.]

- 10.5.2. ▪ Por leitura direta do gráfico: $T = 4,0 \text{ ms} = 4,0 \times 10^{-3} \text{ s}$

- Determinação do comprimento de onda do sinal sonoro, no ar:

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad \text{e} \quad f = \frac{1}{T} \quad \Rightarrow \quad \lambda = v T \quad \lambda = 342 \times 4,0 \times 10^{-3} = 1,4 \text{ m}$$

11. (A)

12.1. (A)

12.2. (D)

13. (C)

14.1. $\Delta t = 6,10 \text{ s} \pm 0,04 \text{ s}$

14.2. ▪ Cálculo do módulo da variação do fluxo magnético:

$\frac{1}{\Delta t} / \text{s}^{-1}$	$ \varepsilon_i / \text{V}$
0,164	45×10^{-6}
0,251	73×10^{-6}
0,333	100×10^{-6}
0,497	147×10^{-6}
0,667	198×10^{-6}

A equação da reta que melhor se ajusta ao conjunto de valores apresentado na tabela é $y = 3,02 \times 10^{-4} x - 3,01 \times 10^{-6}$, onde y é o módulo da força eletromotriz induzida na espira ($|\varepsilon_i|$) e x é o inverso dos intervalos de tempo medidos ($\frac{1}{\Delta t}$).

$$|\varepsilon_i| = \frac{|\Delta\Phi_m|}{\Delta t} \quad \Leftrightarrow \quad |\varepsilon_i| = |\Delta\Phi_m| \times \frac{1}{\Delta t}$$

$$|\varepsilon_i| = 3,02 \times 10^{-4} \times \frac{1}{\Delta t} - 3,01 \times 10^{-6}$$

$$|\Delta\Phi_m| = \text{declive da reta} = 3,02 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

▪ Cálculo do módulo do campo magnético produzido pelo conjunto de ímanes:

$$A = 60 \text{ cm}^2 = 60 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$\Delta\Phi_m = \Phi_{m_{\text{final}}} - \Phi_{m_{\text{inicial}}} \quad \text{e} \quad \Phi_{m_{\text{inicial}}} = 0 \quad \text{logo,} \quad \Phi_{m_{\text{final}}} = 3,02 \times 10^{-4} \text{ Wb}$$

$$\Phi_{m_{\text{final}}} = B A \cos \alpha \quad 3,02 \times 10^{-4} = B \times 60 \times 10^{-4} \times \cos 0^\circ \quad \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow B = \frac{3,02 \times 10^{-4}}{60 \times 10^{-4}} \quad \Leftrightarrow B = 5,0 \times 10^{-2} \text{ T}$$

15.1. 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.

15.2. (B)

- 15.3. ▪ Determinação do período do sinal:

$$\frac{1 \text{ div}}{5 \text{ ms}} = \frac{4 \text{ div}}{T} \Leftrightarrow T = 20 \text{ ms} = 2,0 \times 10^{-2} \text{ s}$$

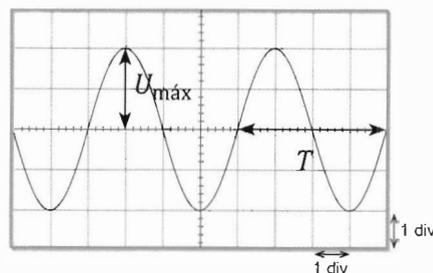
- Determinação da amplitude do sinal:

$$\frac{1 \text{ div}}{5 \text{ V}} = \frac{2 \text{ div}}{U_{\text{máx}}} \Leftrightarrow U_{\text{máx}} = 10 \text{ V}$$

- 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)



- 16.1. ▪ 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:

$$h = \frac{d}{2} \quad h = \frac{610 \text{ m}}{2} = 305 \text{ m}$$

16.2. (B)

16.3. (B)

17.1. (D)

17.2. (C)

17.3. (C)

- 18.1. 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 $(n = \frac{c}{v})$. 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.

18.2. (A)

- 19.1. ▪ 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 $50,0^\circ$:

$$n_{\text{vidro}} \sin \alpha_{\text{vidro}} = n_{\text{ar}} \sin \alpha_{\text{ar}}$$

$$1,518 \times \sin \alpha_{\text{vidro}} = 1,000 \times \sin 50,0^\circ \Leftrightarrow \sin \alpha_{\text{vidro}} = 0,5046 \Rightarrow \alpha_{\text{vidro}} = 30,3^\circ$$

19.2. 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.

19.3. (B)

20.1. ▪ 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*:

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

$$1,476 = \frac{3,00 \times 10^8}{v_{\text{vidro}}} \Leftrightarrow v_{\text{vidro}} = \frac{3,00 \times 10^8}{1,476} \Leftrightarrow v_{\text{vidro}} = 2,03 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$$

20.2. (B)

21.1. (D)

21.2. (C)

22. (B)

23.1. (C)

23.2. (B)

24.1. (D)

24.2. (A)

25.1. 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 fenómeno da reflexão total.

Este fenómeno 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.

25.2. (D)

26.1. (D)

26.2. (D)

27.1. (A)

27.2. ▪ 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:

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad \lambda = \frac{2,00 \times 10^8}{5,0 \times 10^{14}} = 4,0 \times 10^{-7} \text{ m}$$

27.3. (C)

28.1. (B)

28.2.1. (D)

28.2.2. (C)

29. (A)

30.1. (D)

30.2. ▪ 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:

$$\text{Ângulo de incidência} = \alpha_{\text{ar}} = 90,0^\circ - 40,0^\circ = 50,0^\circ$$

$$n_{\text{solução}} \sin \alpha_{\text{solução}} = n_{\text{ar}} \sin \alpha_{\text{ar}} \quad 1,3380 \sin \alpha_{\text{solução}} = 1,000 \times \sin 50,0^\circ$$

$$\sin \alpha_{\text{solução}} = \frac{\sin 50,0^\circ}{1,3380} = 0,5725 \quad \Rightarrow \quad \alpha_{\text{solução}} = 34,9^\circ$$

30.3. (C)

31. (B)

32.1. (B)

32.2. (D)

33.1. (B)

33.2. (C)

33.3. (A)

33.4. (C)

34.1. 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.

34.2.1. (D)

34.2.2. (D)

34.3. ▪ Cálculo do valor experimental da velocidade de propagação do som no ar:

Distância / m	Tempo / s
0,200	$0,54 \times 10^{-3}$
0,400	$1,26 \times 10^{-3}$
0,600	$1,77 \times 10^{-3}$
0,800	$2,52 \times 10^{-3}$
1,000	$2,98 \times 10^{-3}$

A equação da reta que melhor se ajusta ao conjunto de valores apresentado na tabela é $y = 324,0x + 1,223 \times 10^{-2}$, onde y é a distância percorrida pelo sinal sonoro (d) e x é o tempo que o sinal sonoro demorava a percorrer essa distância (Δt).

Como o sinal sonoro se propaga com velocidade constante, $d = v \Delta t$

$$d = 324,0 \Delta t + 1,223 \times 10^{-2}$$

$$v = \text{declive da reta} = 324,0 \text{ m s}^{-1}$$

- Cálculo do erro relativo, em percentagem, do valor experimental da velocidade de propagação do som no ar:

$$\text{erro relativo}(\%) = \frac{|324,0 - 342,3|}{342,3} \times 100 = 5,35\%$$

RESOLUÇÕES

QUÍMICA 10.º ANO

UNIDADE 1

Das estrelas ao átomo

1. (D)
- 2.1. (D)
- 2.2. (A)
- 2.3. (C)
- 2.4. (C)
- 2.5. Lítio (Li) [NOTA: 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.]
- 2.6. (D)
- 3.1. Eletrões de valência.
- 3.2. Orbital.
- 3.3. (B)
- 3.4. (C)
- 3.5. (C)
- 4.1. 7 neutrões [NOTA: $n^\circ \text{ neutrões} = n^\circ \text{ massa} - n^\circ \text{ atómico}$, logo $n^\circ \text{ neutrões} = 13 - 6 = 7$]
- 4.2. (A)
- 4.3. (C)
- 4.4. (B)
- 5.1. (C)
- 5.2. (A)
- 5.3. (C)
- 5.4. Oxigénio
- 6.1. (D)
- 6.2. (A)
- 6.3. Energia de ionização de um átomo de cloro.
- 7.1. (C)
- 7.2. (C)
- 8.1. Estado de menor energia do átomo.
- 8.2. (A)

8.3. (B)

9.1. (D)

9.2. Duas riscas negras na região do amarelo.

9.3. Os espectros das estrelas apresentam riscas negras que correspondem à absorção de radiação pelas espécies químicas existentes nas atmosferas das estrelas. É possível identificar os elementos químicos presentes nas estrelas, comparando os valores de frequência a que aparecem as riscas observadas nos espectros das estrelas com os valores de frequência a que aparecem as riscas nos espectros dos vários elementos químicos.

9.4. (A)

9.5.1. (A)

9.5.2. (C)

10.



11.1. As riscas aparecem aos mesmos valores de frequência em ambos os espectros.

11.2. (A)

11.3. Reação nuclear de fusão.

12.1. (D)

12.2. Os espectros de emissão e de absorção do hélio atômico apresentam riscas aos mesmos valores de comprimento de onda. Assim, o espectro de absorção do hélio atômico deverá apresentar uma risca negra a 587 nm e outra a 667 nm.

Como o espectro da estrela Rigel, representado na figura, apresenta uma risca negra aproximadamente a 587 nm e outra aproximadamente a 667 nm, conclui-se que é provável que o hélio esteja presente na atmosfera dessa estrela.

13.1.1. (A)

13.1.2. O espectro de emissão do átomo de hidrogénio apresenta um conjunto de riscas no domínio do ultravioleta, outro no domínio do visível e outro no domínio do infravermelho. Cada risca corresponde a uma radiação emitida pelo átomo quando o eletrão sofre um processo de desexcitação. O espectro do átomo de hidrogénio é descontínuo, uma vez que a energia do eletrão no átomo está quantizada.

13.2. (D)

13.3. 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.

14.1. (C)

14.2. (C)

14.3. (A)

14.4. (C)

15. ▪ 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 $4,50 \times 10^{-19} \text{ J} \rightarrow 0,45 \text{ cm}$

$$\frac{3,00 \text{ cm}}{0,50 \times 10^{-19} \text{ J}} = \frac{0,45}{x} \quad \Leftrightarrow \quad x = 7,50 \times 10^{-21} \text{ J}$$

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 $n = 2$.

$$E_{\text{inicial}} = E_2 + E_{\text{radiação emitida}} \quad E_{\text{inicial}} = -5,45 \times 10^{-19} + 4,58 \times 10^{-19} \quad \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow E_{\text{inicial}} = -8,7 \times 10^{-20} \text{ J}$$

16. (C)

17.1. $2,18 \times 10^{-18} \text{ J}$

17.2. 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.

17.3. (A)

18. (B)

19.1. A energia cinética de um eletrão ejetado é igual à diferença entre a energia de um fóton da radiação incidente e a energia de remoção desse eletrão ($E_c = E_{\text{rad}} - E_{\text{rem}}$). Como a energia de um fóton de radiação violeta é superior à energia de um fóton de radiação verde, conclui-se que, das radiações referidas, a violeta provoca a ejeção de eletrões com maior energia cinética.

- 19.2.** O elétron de valência do átomo de césio, no estado fundamental, encontra-se no nível $n = 6$ (uma vez que o césio é um elemento do 6.º período da tabela periódica), enquanto o elétron de valência do átomo de potássio se encontra no nível $n = 4$. Encontrando-se o elétron de valência de um átomo de césio num nível energético superior, será necessário menos energia para o remover do que para remover o elétron de valência de um átomo de potássio.
- 20.** 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.
- 21.** (C)
- 22.1.** (D)
- 22.2.** 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 orbitais com número quântico principal sucessivamente maior.
- Assim, sendo a energia dos elétrons mais energéticos sucessivamente mais elevada, a energia mínima necessária para remover um desses elétrons, no estado fundamental, será cada vez menor.
- 23.1.1.** (B)
- 23.1.2.** (C)
- 23.1.3.** (D)
- 23.2.** Para elementos representativos, o algarismo das unidades do número do grupo da tabela periódica a que um elemento pertence é igual ao número de elétrons de valência dos átomos desse elemento, no estado fundamental. Assim, o nitrogénio pertence ao grupo 15, tendo os seus átomos 5 elétrons de valência.
- Por outro lado, o número do período da tabela periódica a que um elemento representativo pertence é igual ao número quântico principal, n , do nível de energia onde se encontram os elétrons de valência dos átomos desse elemento, no estado fundamental. Assim, o nitrogénio pertence ao 2.º período, encontrando-se os elétrons de valência dos seus átomos, no estado fundamental, no nível $n = 2$.
- 23.3.** 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.
- 24.1.** (C)
- 24.2.** (C)

24.3. (D)

24.4. (D)

24.5. $3,0 \times 10^{-19}$ J. [NOTA: $\Delta E_{3-2} = E_2 - E_3 = -0,54 \times 10^{-18} \text{ J} - (-0,24 \times 10^{-18} \text{ J}) = -3,0 \times 10^{-19} \text{ J}$;

$$E_{\text{radiação emitida}} = |\Delta E_{3-2}| = 3,0 \times 10^{-19} \text{ J}]$$

25.1. (B)

25.2. (B)

25.3. 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 iões sulfureto será -2 .

25.4. (B)

25.5. (B)

25.6. O sódio precede o enxofre no mesmo período da tabela periódica (3.º período). Como o raio atómico apresenta tendência para diminuir ao longo de um período, o sódio apresentará maior raio atómico do que o enxofre.

26. (C)

27.1. (B)

27.2. Massa volúmica

28.1. ▪ Cálculo da incerteza absoluta associada à medida da temperatura de fusão do naftaleno:

$$\frac{1,1}{100} \times 81,1 \text{ } ^\circ\text{C} = 0,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

▪ Determinação do intervalo de valores no qual estará contido o valor experimental da temperatura de fusão do naftaleno:

$$\theta_{\text{fusão}} = 81,1 \text{ } ^\circ\text{C} \pm 0,9 \text{ } ^\circ\text{C} \Rightarrow 81,1 \text{ } ^\circ\text{C} - 0,9 \text{ } ^\circ\text{C} \leq \theta_{\text{fusão}} \leq 81,1 \text{ } ^\circ\text{C} + 0,9 \text{ } ^\circ\text{C} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow 80,2 \text{ } ^\circ\text{C} \leq \theta_{\text{fusão}} \leq 82,0 \text{ } ^\circ\text{C}$$

O valor experimental da temperatura de fusão do naftaleno estará contido no intervalo $[80,2; 82,0] \text{ } ^\circ\text{C}$.

28.2. (B)

28.3. (A)

29.1. (C)

29.2. ▪ Determinação do volume do cubo: $V_{\text{cubo}} = l^3$ logo $V_{\text{cubo}} = 1,40^3 \Leftrightarrow V_{\text{cubo}} = 2,744 \text{ cm}^3$

▪ Determinação da massa volúmica (densidade) do material constituinte do cubo:

$$\rho = \frac{m_{\text{cubo}}}{V_{\text{cubo}}} \quad \rho = \frac{21,41 \text{ g}}{2,744 \text{ cm}^3} \Leftrightarrow \rho = 7,80 \text{ g cm}^{-3}$$

▪ Conclusão: comparando os valores constantes na tabela com o valor de massa volúmica (densidade) obtido, conclui-se que é provável que o cubo seja de ferro.

29.3. (B)

30.1. (D)

30.2. ▪ A densidade relativa da solução de etanol em relação à água, d , é o quociente das densidades da solução, $\rho_{\text{solução}}$, e da água, $\rho_{\text{água}}$, nas mesmas condições de pressão e de temperatura:

$$d = \frac{\rho_{\text{solução}}}{\rho_{\text{água}}} \Leftrightarrow d = \frac{\frac{m_{\text{solução}}}{V_{\text{solução}}}}{\frac{m_{\text{água}}}{V_{\text{água}}}}$$

Como, na experiência realizada, $V_{\text{solução}} = V_{\text{água}}$ (= volume contido no picnómetro), tem-se

$$d = \frac{m_{\text{solução}}}{m_{\text{água}}}$$

▪ Determinação da massa da solução aquosa de etanol contida no picnómetro:

$$m_{\text{solução}} = 111,84 \text{ g} - 31,55 \text{ g} = 80,29 \text{ g}$$

▪ Determinação da massa de água contida no picnómetro:

$$m_{\text{água}} = 130,28 \text{ g} - 31,55 \text{ g} = 98,73 \text{ g}$$

▪ Determinação da densidade relativa da solução de etanol:

$$d = \frac{m_{\text{solução}}}{m_{\text{água}}} \quad d = \frac{80,29 \text{ g}}{98,73 \text{ g}} = 0,8132$$

31. (B)

RESOLUÇÕES

QUÍMICA 10.º ANO

UNIDADE 2

**Na atmosfera da Terra:
radiação, matéria e estrutura**

- 1.1. (C)
- 1.2. As camadas da atmosfera da Terra são definidas a partir da dependência da temperatura em relação à altitude. A curva representada no gráfico apresenta três zonas distintas: a altitudes menores verifica-se que a temperatura diminui com o aumento da altitude, depois observa-se um aumento da temperatura com a altitude e, finalmente, uma nova diminuição da temperatura com a altitude. Conclui-se, assim, que existem três camadas na atmosfera, desde a superfície da Terra até a uma altitude de cerca de 80 km.
- 2.1. (A)
- 2.2. (D)
- 2.3. (C)
- 3.1. (C)
- 3.2. (B)
- 4.1. $:\ddot{\text{O}} = \ddot{\text{O}}:$
- 4.2. (D)
- 4.3. 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.
- 4.4. (B)
- 5.1. (C)
- 5.2. $:\text{N} \equiv \text{N}:$
- 5.3. Volume molar do N_2 , nas condições de pressão e de temperatura referidas.
- 5.4. (B)
- 5.5. (B)
- 5.6. (A)
- 6.1. (B)
- 6.2. Referir dois dos seguintes fatores: aumento da queima dos combustíveis fósseis [OU outro fator relacionado, como o aumento da circulação automóvel]; aumento da desflorestação [OU outro fator relacionado, como o aumento da limpeza e da queima de terrenos florestais]; atividade das indústrias transformadoras.

- 6.3.** ▪ Determinação do volume de CO_2 na amostra de $10,0 \text{ dm}^3$ de ar troposférico:

$$\frac{3,9 \times 10^{-2} \text{ dm}^3 \text{ CO}_2}{100 \text{ dm}^3 \text{ de ar}} = \frac{V_{\text{CO}_2}}{10,0 \text{ dm}^3 \text{ de ar}} \Leftrightarrow V_{\text{CO}_2} = \frac{3,9 \times 10^{-2} \text{ dm}^3 \times 10,0 \text{ dm}^3}{100 \text{ dm}^3} \Leftrightarrow V_{\text{CO}_2} = 3,90 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$$

- 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

$$\frac{1 \text{ mol CO}_2}{22,4 \text{ dm}^3} = \frac{n_{\text{CO}_2}}{3,90 \times 10^{-3} \text{ dm}^3} \Leftrightarrow n_{\text{CO}_2} = \frac{3,90 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 \times 1 \text{ mol}}{22,4 \text{ dm}^3} \Leftrightarrow n_{\text{CO}_2} = 1,74 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

- Determinação do número de moléculas de CO_2 que existem na referida amostra:

$$\frac{1 \text{ mol CO}_2}{6,02 \times 10^{23} \text{ moléculas}} = \frac{1,74 \times 10^{-4} \text{ mol CO}_2}{N_{\text{CO}_2}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow N_{\text{CO}_2} = \frac{6,02 \times 10^{23} \times 1,74 \times 10^{-4} \text{ mol}}{1 \text{ mol}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow N_{\text{CO}_2} = 1,0 \times 10^{20} \text{ moléculas}$$

6.4. 27,29 % $\left[\begin{array}{l} \text{NOTA: } M(\text{CO}_2) = 12,01 + 2 \times 16,00 = 44,01 \text{ g mol}^{-1} ; \\ \frac{12,01 \text{ g C}}{44,01 \text{ g CO}_2} = \frac{x}{100 \text{ g CO}_2} \Leftrightarrow x = 27,29 \text{ g de C (em 100 g de CO}_2) \end{array} \right]$

6.5. (C)

- 6.6.** ▪ $M(\text{CO}_2) = 12,01 + 2 \times 16,00 = 44,01 \text{ g mol}^{-1}$

$\frac{N_A}{2}$ moléculas de $\text{CO}_2(\text{g})$ corresponde a $\frac{1}{2}$ mol de moléculas de $\text{CO}_2(\text{g})$.

1.ª Resolução

- Determinação do volume molar do $\text{CO}_2(\text{g})$, 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 $\text{CO}_2(\text{g})$ 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 $\text{CO}_2(\text{g})$:

$$m = \frac{44,01}{2} = 22,005 \text{ g}$$

- Determinação do volume ocupado por $\frac{N_A}{2}$ moléculas de $\text{CO}_2(\text{g})$ nas condições de pressão e de temperatura referidas:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad 1,80 \text{ g dm}^{-3} = \frac{22,005 \text{ g}}{V} \Leftrightarrow V = \frac{22,005 \text{ g}}{1,80 \text{ g dm}^{-3}} \Leftrightarrow V = 12,2 \text{ dm}^3$$

6.7.1. (A)

6.7.2. (B)

7.1. Radiação ultravioleta.

7.2. (C)

7.3. (B)

8.1. (C)

8.2. Absorção de radiação ultravioleta.

8.3. $\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{O}(\text{g}) + \text{O}(\text{g})$

$\text{O}(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{O}_3(\text{g})$

8.4. ▪ $M(\text{O}_2) = 2 \times 16,00 = 32,00 \text{ g mol}^{-1}$

- Determinação da quantidade de oxigénio, $\text{O}_2(\text{g})$, existente na amostra:

$$\frac{1 \text{ mol O}_2}{32,00 \text{ g}} = \frac{n_{\text{O}_2}}{48 \text{ g}} \Leftrightarrow n_{\text{O}_2} = 1,50 \text{ mol}$$

- Determinação do número de moléculas de oxigénio existente na amostra:

$$\frac{1 \text{ mol O}_2}{6,02 \times 10^{23} \text{ moléculas}} = \frac{1,50 \text{ mol}}{N_{\text{O}_2}} \Leftrightarrow N_{\text{O}_2} = 9,03 \times 10^{23} \text{ moléculas}$$

- Determinação do número de átomos de oxigénio existente na amostra:

$$\frac{1 \text{ molécula de O}_2}{2 \text{ átomos de O}} = \frac{9,03 \times 10^{23} \text{ moléculas}}{N_{\text{O}}} \Leftrightarrow N_{\text{O}} = 1,8 \times 10^{24} \text{ átomos de oxigénio}$$

8.5. (B)

8.6. (B)

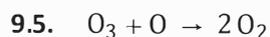
9.1. $\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{O}(\text{g}) + \text{O}(\text{g})$

$\text{O}_2(\text{g}) + \text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{O}_3(\text{g})$

9.2. (B)

9.3. 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.

9.4. A energia da radiação UV-B não é suficiente para quebrar as ligações C – F .



10.1. (C)

10.2. Os CFC são compostos quimicamente estáveis na troposfera. Os CFC originam radicais livres de cloro na estratosfera.

11.1. (B)

11.2. Quanto mais tóxica for uma substância, menor será a dose que provoca a morte de 50% dos indivíduos de uma dada população. Assim, o valor de DL_{50} para o CO será menor do que o valor de DL_{50} para o CO_2 .

11.3. (C)

11.4. (C)

12.1. (B)

12.2. (A)

13.1. Geometria angular.

13.2. (B)

13.3. ▪ Cálculo do volume molar do gás, nas condições de pressão e de temperatura referidas:

$$M(H_2O) = 2 \times 1,01 + 16,00 = 18,02 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\rho = \frac{M}{V_m} \Leftrightarrow V_m = \frac{M}{\rho}$$

$$V_m = \frac{18,02 \text{ g mol}^{-1}}{0,590 \text{ g dm}^{-3}} = 30,54 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$$

▪ Cálculo do volume ocupado por $3,01 \times 10^{24}$ moléculas de H_2O , contidas na amostra pura de vapor de água, nas condições de pressão e de temperatura referidas:

$$\frac{1 \text{ mol moléculas}}{6,02 \times 10^{23} \text{ moléculas}} = \frac{n}{3,01 \times 10^{24} \text{ moléculas}} \Leftrightarrow n = 5,000 \text{ mol moléculas}$$

$$\frac{1 \text{ mol moléculas}}{30,54 \text{ dm}^3} = \frac{5,000 \text{ mol}}{V} \Leftrightarrow V = 153 \text{ dm}^3$$

14.1. (C)

14.2. ▪ Determinação da quantidade de $SO_2(g)$ que existe na amostra, em condições PTN:

$$V_{SO_2} = 50,0 \text{ cm}^3 = 50,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 = 5,00 \times 10^{-2} \text{ dm}^3$$

$$\frac{1 \text{ mol } SO_2}{22,4 \text{ dm}^3} = \frac{n_{SO_2}}{5,00 \times 10^{-2} \text{ dm}^3} \Leftrightarrow n_{SO_2} = 2,232 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

- Determinação do número de moléculas de $\text{SO}_2(\text{g})$ que existem na amostra:

$$\frac{1 \text{ mol SO}_2}{6,02 \times 10^{23} \text{ moléculas}} = \frac{2,232 \times 10^{-3} \text{ mol}}{N_{\text{SO}_2}} \Leftrightarrow N_{\text{SO}_2} = 1,34 \times 10^{21} \text{ moléculas}$$

15. 1,25 vezes. [NOTA: 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

$$\frac{\rho_{\text{SO}_3}}{\rho_{\text{SO}_2}} = \frac{\frac{M(\text{SO}_3)}{V_m}}{\frac{M(\text{SO}_2)}{V_m}} = \frac{M(\text{SO}_3)}{M(\text{SO}_2)} = \frac{32,07 + 3 \times 16,00}{32,07 + 2 \times 16,00} = 1,25 \quad]$$

- 16.1. ▪ Cálculo da massa volúmica do gás nas condições referidas:

A equação da reta que melhor se ajusta ao conjunto de valores apresentado na tabela é $y = 1,267 x + 1,189 \times 10^{-4}$, onde y é a massa das amostras (m) e x é o volume dessas amostras (V).

$$\rho = \frac{m}{V} \Leftrightarrow m = \rho V$$

$$m = 1,267 V + 1,189 \times 10^{-4}$$

$$\rho = \text{declive da reta} = 1,267 \text{ g dm}^{-3}$$

- Cálculo do volume molar do gás, nas condições de pressão e de temperatura referidas:

$$\rho = \frac{M(\text{H}_2\text{S})}{V_m} \Leftrightarrow V_m = \frac{M(\text{H}_2\text{S})}{\rho}$$

$$M(\text{H}_2\text{S}) = 2 \times 1,01 + 32,07 = 34,09 \text{ g mol}^{-1}$$

$$V_m = \frac{34,09}{1,267} \Leftrightarrow V_m = 26,9 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$$

16.2. (C)

16.3. (B)

16.4. (D)

17.1. (A)

17.2.1 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.

17.2.2. (A)

17.3.1. (B)

17.3.2. (D)

- 17.4.** 20,7 vezes [NOTA: 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

$$\frac{V_{\text{CH}_4}}{n_{\text{CH}_4}} = \frac{V_{\text{CO}}}{n_{\text{CO}}} \Leftrightarrow \frac{V_{\text{CH}_4}}{V_{\text{CO}}} = \frac{n_{\text{CH}_4}}{n_{\text{CO}}} \quad \text{Assim, } \frac{V_{\text{CH}_4}}{V_{\text{CO}}} = \frac{8,24}{0,398} = 20,7 \quad]$$

- 17.5.** ▪ Cálculo da quantidade de metano existente na amostra:

$$M(\text{CH}_4) = 12,01 + 4 \times 1,01 = 16,05 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\frac{1 \text{ mol}}{16,05 \text{ g}} = \frac{n_{\text{CH}_4}}{20,0 \text{ g}} \Leftrightarrow n_{\text{CH}_4} = 1,246 \text{ mol}$$

- 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.

$$\frac{1 \text{ mol CH}_4}{5 \text{ mol átomos}} = \frac{1,246 \text{ mol CH}_4}{n_{\text{átomos}}} \Leftrightarrow n_{\text{átomos}} = 6,23 \text{ mol}$$

- 18.1.** ▪ 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:

$$\frac{1 \text{ mol CH}_4}{6,02 \times 10^{23} \text{ moléculas}} = \frac{0,156 \text{ mol CH}_4}{N_{\text{CH}_4}} \Leftrightarrow N_{\text{CH}_4} = 9,4 \times 10^{22} \text{ moléculas}$$

- 18.2.** (A)

- 18.3.** $:\ddot{\text{O}} = \text{C} = \ddot{\text{O}}:$

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.

- 18.4.** O comprimento das ligações H – O e H – S nas moléculas consideradas (H_2O e H_2S) 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 H_2S , tenha maior comprimento do que a ligação H – O, na molécula H_2O .

19. (B)

20.1. Entre os átomos de carbono estabelece-se uma ligação covalente tripla, uma vez que, na molécula de etino, esses átomos partilham entre si três pares de eletrões.

20.2. (A)

21.1. (A)

21.2. (D)

22. (C)

23.1. (D)

23.2. 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.

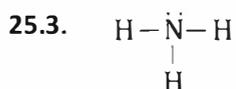
Assim, o comprimento da ligação $N \equiv N$ será menor do que o comprimento da ligação $C \equiv N$.

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.

24. (C)

25.1. (D)

25.2. (A)



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.

25.4. ▪ Cálculo do volume molar do gás à pressão e à temperatura ambientes:

$$\begin{aligned} \rho_{PTN} &= 1,8 \times \rho_{PTAmbiente} \quad \text{e} \quad \rho = \frac{M}{V_m} \quad \Rightarrow \quad \frac{M}{V_{mPTN}} = 1,08 \times \frac{M}{V_{mPTAmb}} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow \quad \frac{1}{V_{mPTN}} &= \frac{1,08}{V_{mPTAmb}} \quad \Leftrightarrow \quad V_{mPTAmb} = 1,08 \times V_{mPTN} \\ V_{mPTAmb} &= 1,08 \times 22,4 = 24,19 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \end{aligned}$$

▪ Cálculo da quantidade de amoníaco existente na amostra, à pressão e à temperatura ambientes:

$$\begin{aligned} 200 \text{ cm}^3 &= 0,200 \text{ dm}^3 \\ \frac{1 \text{ mol}}{24,19 \text{ dm}^3} &= \frac{n}{0,200 \text{ dm}^3} \quad \Leftrightarrow \quad n = \frac{1 \text{ mol} \times 0,200 \text{ dm}^3}{24,19 \text{ dm}^3} \quad \Leftrightarrow \quad n = 8,268 \times 10^{-3} \text{ mol} \end{aligned}$$

- Cálculo do número de moléculas de amoníaco que existem na amostra, à pressão e à temperatura ambientes:

$$\frac{1 \text{ mol}}{6,02 \times 10^{23} \text{ moléculas}} = \frac{8,268 \times 10^{-3} \text{ mol}}{N} \Leftrightarrow N = 4,98 \times 10^{21} \text{ moléculas}$$

25.5. ▪ $M(\text{NH}_3) = 14,01 + 3 \times 1,01 = 17,04 \text{ g mol}^{-1}$

$$V = 500 \text{ cm}^3 = 0,500 \text{ dm}^3$$

1.ª Resolução:

- Determinação do volume molar do $\text{NH}_3(\text{g})$, 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 $\text{NH}_3(\text{g})$ 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 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 $\text{NH}_3(\text{g})$ 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 $\text{NH}_3(\text{g})$ existente na amostra considerada:

Em 1 mol de moléculas de NH_3 há $6,02 \times 10^{23}$ moléculas desse gás, pelo que

$$\frac{6,02 \times 10^{23} \text{ moléculas NH}_3}{17,04 \text{ g}} = \frac{N_{\text{NH}_3}}{0,3130 \text{ g}} \Leftrightarrow N_{\text{NH}_3} = 1,11 \times 10^{22} \text{ moléculas}$$

26.1. ▪ 25 % (m/m) \Rightarrow 25 g de soluto (NH_3) por 100 g de solução

- Determinação da quantidade de 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:

$$c = \frac{n_{\text{NH}_3}}{V_{\text{solução}}} \quad c = \frac{1,47 \text{ mol}}{0,110 \text{ dm}^3} \Leftrightarrow c = 13 \text{ mol dm}^{-3}$$

- 26.2. ▪ 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 cm³ de solução concentrada (e usada na preparação da solução diluída):

$$c_{\text{solução conc}} = \frac{n_{\text{NH}_3}}{V_{\text{solução conc}}} \quad 7,34 \text{ mol dm}^{-3} = \frac{n_{\text{NH}_3}}{20,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow n_{\text{NH}_3} = 7,34 \text{ mol dm}^{-3} \times 20,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 \quad \Leftrightarrow n_{\text{NH}_3} = 1,468 \times 10^{-1} \text{ mol}$$

- Determinação da concentração da solução diluída:

$$c_{\text{solução dil}} = \frac{n_{\text{NH}_3}}{V_{\text{solução dil}}} \quad c = \frac{1,468 \times 10^{-1} \text{ mol}}{1,000 \times 10^{-1} \text{ dm}^3} \Leftrightarrow c = 1,47 \text{ mol dm}^{-3}$$

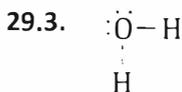
27.1. (B)

27.2. (D)

28. (A)

29.1. (B)

29.2. (D)



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.

30. ▪ $M(\text{SO}_4^{2-}) = 32,07 + 4 \times 16,00 = 96,07 \text{ g mol}^{-1}$

$$6,0 \text{ ppm (m/m)} \Rightarrow 6,0 \text{ g de soluto } (\text{SO}_4^{2-}) \text{ por } 10^6 \text{ g de solução (água do poço)}$$

- 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:

$$\frac{1 \text{ mol SO}_4^{2-}}{96,07 \text{ g}} = \frac{n_{\text{SO}_4^{2-}}}{3,00 \times 10^{-3} \text{ g}} \Leftrightarrow n_{\text{SO}_4^{2-}} = 3,1 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

31. 1.ª Resolução:

- Cálculo da massa de 100 cm³ de solução concentrada de ácido sulfúrico:

$$\rho_{\text{solução}} = \frac{m_{\text{solução}}}{V_{\text{solução}}} \quad 1,84 \text{ g cm}^{-3} = \frac{m_{\text{solução}}}{100 \text{ cm}^3} \quad \Leftrightarrow \quad m_{\text{solução}} = 184 \text{ g}$$

- Cálculo da massa de H₂SO₄ que existe em 100 cm³ de solução concentrada:

$$\frac{100 \text{ g solução}}{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4} = \frac{184 \text{ g}}{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}} \quad \Leftrightarrow \quad m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1,8 \times 10^2 \text{ g}$$

2.ª Resolução:

- Cálculo do volume de 100 g de solução concentrada de ácido sulfúrico:

$$\rho_{\text{solução}} = \frac{m_{\text{solução}}}{V_{\text{solução}}} \quad 1,84 \text{ g cm}^{-3} = \frac{100 \text{ g}}{V_{\text{solução}}} \quad \Leftrightarrow \quad V_{\text{solução}} = 54,3 \text{ cm}^3$$

- Cálculo da massa de H₂SO₄ que existe em 100 cm³ de solução concentrada:

Há 98 g de H₂SO₄ em 100 g de solução, ou seja, há 98 g de H₂SO₄ em 54,3 cm³ de solução.

$$\frac{54,3 \text{ cm}^3 \text{ solução}}{98 \text{ g H}_2\text{SO}_4} = \frac{100 \text{ cm}^3}{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}} \quad \Leftrightarrow \quad m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1,8 \times 10^2 \text{ g}$$

32.1. (A)**32.2.** (A)

- 33.**
- Cálculo da massa de ácido acético dissolvida em 500 cm³ da solução diluída de vinagre:

Grau de acidez do vinagre comercial = 6,0% \Rightarrow em 100 cm³ de vinagre comercial há 6,0 g de ácido acético.

O vinagre comercial é diluído 20 vezes \Rightarrow em 100 cm³ de solução diluída de vinagre

$$\text{há } \frac{6,0 \text{ g}}{20} = 0,300 \text{ g de ácido acético.}$$

$$\frac{100 \text{ cm}^3 \text{ sol. diluída}}{0,300 \text{ g CH}_3\text{COOH}} = \frac{500 \text{ cm}^3 \text{ sol. diluída}}{m_{\text{CH}_3\text{COOH}}} \quad \Leftrightarrow \quad m_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 1,50 \text{ g}$$

- Cálculo da quantidade de ácido acético dissolvida em 500 cm³ da solução diluída de vinagre:

$$\frac{1 \text{ mol CH}_3\text{COOH}}{60,06 \text{ g CH}_3\text{COOH}} = \frac{n_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{1,50 \text{ g CH}_3\text{COOH}} \quad \Leftrightarrow \quad n_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 2,5 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

- 34.1.**
- Determinação da massa de cafeína que pode ser ingerida, por dia, ao beber o refrigerante considerado:

$$m = 300 \text{ mg} - 60 \text{ mg} = 240 \text{ mg}$$

- Determinação do volume de refrigerante que contém essa massa de cafeína:

$$\frac{138,2 \text{ mg cafeína}}{1 \text{ dm}^3 \text{ refrigerante}} = \frac{240 \text{ mg cafeína}}{V} \quad \Leftrightarrow \quad V = 1,74 \text{ dm}^3$$

- Determinação do número de latas desse refrigerante que poderão ser ingeridas por dia:

$$\frac{1 \text{ lata}}{0,33 \text{ dm}^3} = \frac{N_{\text{latas}}}{1,74 \text{ dm}^3} \Leftrightarrow N_{\text{latas}} = 5,3$$

- Conclusão: poderão ser ingeridas, por dia, no máximo, 5 latas do refrigerante considerado.

34.2.1. (A)

34.2.2. Geometria linear.

- 34.2.3.** ▪ $\frac{N_A}{2}$ moléculas de $\text{CO}_2(\text{g})$ corresponde a $\frac{1}{2}$ mol de moléculas de $\text{CO}_2(\text{g})$.

- Determinação do volume de 1 mol de $\text{CO}_2(\text{g})$ nas condições de pressão e de temperatura consideradas:

$$\frac{\frac{1}{2} \text{ mol moléculas}}{12,2 \text{ dm}^3} = \frac{1 \text{ mol}}{V} \Leftrightarrow V = 24,4 \text{ dm}^3$$

Assim, nas condições de pressão e de temperatura consideradas, o volume molar do $\text{CO}_2(\text{g})$ é $V_m = 24,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$

- Determinação da densidade do $\text{CO}_2(\text{g})$ nas condições de pressão e de temperatura consideradas:

$$\rho = \frac{M}{V_m} \quad \rho = \frac{44,01 \text{ g mol}^{-1}}{24,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}} \Leftrightarrow \rho = 1,80 \text{ g dm}^{-3}$$

35.1. $c = 9,3 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$

$$\left[\begin{array}{l} \text{NOTA: } 0,20 \text{ mg/L} = \frac{0,20 \text{ mg}}{1 \text{ L}} = \frac{0,20 \times 10^{-3} \text{ g}}{1 \text{ dm}^3} ; \quad \frac{1 \text{ mol}}{215,63 \text{ g}} = \frac{n}{0,20 \times 10^{-3} \text{ g}} \Leftrightarrow \\ \Leftrightarrow n = 9,28 \times 10^{-7} \text{ mol} ; \quad \text{Assim, } c = \frac{9,28 \times 10^{-7} \text{ mol}}{1 \text{ dm}^3} = 9,3 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3} \end{array} \right]$$

- 35.2.** ▪ Determinação da massa de metilmercúrio existente em 125 g de peixe:

$$\frac{25,0 \text{ g}}{1,0 \times 10^{-2} \text{ mg metilmercúrio}} = \frac{125 \text{ g}}{m_{\text{metilm ingerida}}} \Leftrightarrow m_{\text{metilm ingerida}} = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mg}$$

- Determinação da massa máxima de metilmercúrio que uma pessoa de 60 kg pode ingerir diariamente:

$$\frac{2,3 \times 10^{-4} \text{ mg metilmercúrio}}{1 \text{ kg massa corporal}} = \frac{m_{\text{metilm máx}}}{60 \text{ kg}} \Leftrightarrow m_{\text{metilm máx}} = 1,38 \times 10^{-2} \text{ mg}$$

- Conclusão: Como $m_{\text{metilm ingerida}} > m_{\text{metilm máx}}$, a ingestão de 125 g daquele peixe pode provocar intoxicação numa pessoa de massa 60 kg.

36.1. ▪ $M(\text{NaOH}) = 22,99 + 16,00 + 1,01 = 40,00 \text{ g mol}^{-1}$

$$V_{\text{solução}} = 250 \text{ cm}^3 = 250 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 = 2,50 \times 10^{-1} \text{ dm}^3$$

- 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:

$$\frac{1 \text{ mol NaOH}}{40,00 \text{ g}} = \frac{5,000 \times 10^{-1} \text{ mol}}{m} \Leftrightarrow m = 20,0 \text{ g}$$

36.2. ▪ 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:

$$c = \frac{n_{\text{NaOH}}}{V_{\text{solução}}} \quad c = \frac{0,500 \text{ mol}}{8,203 \times 10^{-2} \text{ dm}^3} \Leftrightarrow c = 6,1 \text{ mol dm}^{-3}$$

37.1.1. $249,85 \text{ cm}^3 \leq V \leq 250,15 \text{ cm}^3$ [NOTA: 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 $250,00 \text{ cm}^3 + 0,15 \text{ cm}^3 = 250,15 \text{ cm}^3$]

37.1.2. (D)

37.2. ▪ $V_{\text{solução}} = 250,00 \text{ cm}^3 = 250,00 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 = 2,5000 \times 10^{-1} \text{ dm}^3$

- 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:

$$\frac{1 \text{ mol Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{248,22 \text{ g}} = \frac{7,500 \times 10^{-3} \text{ mol}}{m} \Leftrightarrow m = 1,86 \text{ g}$$

37.3.1. (B)

37.3.2. (C)

38.1. (B)

38.2. $2,500 \times 10^{-1} \text{ dm}^3$

38.3.1. ▪ 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:

$$c_{\text{solução dil}} = \frac{n_{\text{NaCl}}}{V_{\text{solução dil}}} \quad 0,23 \text{ mol dm}^{-3} = \frac{n_{\text{NaCl}}}{50,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow n_{\text{NaCl}} = 0,23 \text{ mol dm}^{-3} \times 50,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 \quad \Leftrightarrow n_{\text{NaCl}} = 1,15 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

▪ Determinação do volume de solução inicial (mais concentrada) de cloreto de sódio que contém essa quantidade:

$$c_{\text{solução inicial}} = \frac{n_{\text{NaCl}}}{V_{\text{solução inicial}}} \quad 5,71 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3} = \frac{1,15 \times 10^{-2} \text{ mol}}{V_{\text{solução inicial}}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow V_{\text{solução inicial}} = \frac{1,15 \times 10^{-2} \text{ mol}}{5,71 \times 10^{-1} \text{ mol dm}^{-3}} \Leftrightarrow V_{\text{solução inicial}} = 0,020 \text{ dm}^3$$

38.3.2. A primeira etapa é a medição do volume (20 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.

39.1. ▪ 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:

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 63,55 + 32,07 + 4 \times 16,00 + 5 \times (2 \times 1,01 + 16,00) = 249,72 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\frac{1 \text{ mol CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{249,72 \text{ g}} = \frac{4,000 \times 10^{-2} \text{ mol}}{m} \Leftrightarrow m = 9,99 \text{ g}$$

39.2. Espátula.

39.3. (D)

39.4. ▪ Cálculo do volume da solução mais concentrada que foi necessário medir :

Os alunos dispunham apenas de um balão volumétrico de 50 mL , para preparar a solução. Terão, assim, preparado 50 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 mL ($\pm 0,03 \text{ mL}$)

RESOLUÇÕES

QUÍMICA 11.º ANO

UNIDADE 1

Química e indústria: equilíbrios e desequilíbrios

1.1.1. (B)

- 1.1.2. ▪ Determinação da quantidade de oxigénio existente em 2,0 m³ 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.

$$\frac{2 \text{ mol oxigénio}}{802 \text{ kJ}} = \frac{89,3 \text{ mol oxigénio}}{E} \Leftrightarrow E = \frac{802 \times 89,3}{2} = 3,6 \times 10^4 \text{ kJ}$$

- 1.1.3. ▪ Identificação da energia libertada na combustão de 1 mol de CH₄(g), ou seja, na combustão de 16,05 g de CH₄(g): 802 kJ.

- Determinação da energia libertada na combustão de 1,00 g de CH₄(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 CH₄(g):

Apenas 65,0% da energia libertada na combustão do CH₄(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 CH₄(g), que sofreu combustão:

$$E_{\text{transferida}} = m c \cdot \Delta\theta$$

$$3,248 \times 10^4 = 0,500 \times 4,186 \times 10^3 \times \Delta\theta \Leftrightarrow \Delta\theta = \frac{3,248 \times 10^4}{0,500 \times 4,186 \times 10^3} \Leftrightarrow \Delta\theta = 15,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

- 1.2. ▪ 13,0 kg butano = 13,0 × 10³ 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, O₂(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, O₂(g), necessário para a combustão completa do butano existente na botija:

Sendo o volume molar de um gás, em condições PTN, 22,4 dm³ mol⁻¹, tem-se

$$\frac{1 \text{ mol O}_2 \text{ (g)}}{22,4 \text{ dm}^3} = \frac{1,453 \times 10^3 \text{ mol}}{V_{\text{O}_2}} \Leftrightarrow V_{\text{O}_2} = 3,25 \times 10^4 \text{ dm}^3$$

- 2.1. 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.

- 2.2. ▪ Cálculo da massa de cloral que se obteria se o rendimento da reação fosse 100%:

$$\eta = \frac{\text{massa de CCl}_3\text{CHO real}}{\text{massa de CCl}_3\text{CHO prevista}}$$

$$0,30 = \frac{1,5 \text{ kg}}{m_{\text{CCl}_3\text{CHO prevista}}} \Leftrightarrow m_{\text{CCl}_3\text{CHO prevista}} = \frac{1,5 \text{ kg}}{0,30} = 5,00 \text{ kg}$$

- Cálculo da massa de etanol que é necessário fazer reagir:

De acordo com a estequiometria da reação, por reação de 1 mol de etanol, ou seja, de 46,08 g de etanol, obtém-se 1 mol de cloral, ou seja, 147,38 g de cloral.

$$\frac{46,08 \times 10^{-3} \text{ kg C}_2\text{H}_5\text{OH}}{147,38 \times 10^{-3} \text{ kg CCl}_3\text{CHO}} = \frac{m_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}}}{5,00 \text{ kg CCl}_3\text{CHO}} \Leftrightarrow m_{\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}} = 1,6 \text{ kg}$$

- 2.3. (C)

- 3.1. (B)

- 3.2. ▪ Cálculo da massa de ácido acético que se obteria se o rendimento da reação fosse 100%:

$$\eta = \frac{m_{\text{real}}}{m_{\text{teórica}}} \quad 0,85 = \frac{15 \text{ g}}{m_{\text{teórica}}} \Leftrightarrow m_{\text{teórica}} = \frac{15 \text{ g}}{0,85} = 17,6 \text{ g}$$

- Cálculo da massa de CH₃CHO que tem de reagir:

$$\frac{44,06 \text{ g CH}_3\text{CHO}}{60,06 \text{ g CH}_3\text{COOH}} = \frac{m_{\text{CH}_3\text{CHO}}}{17,6 \text{ g CH}_3\text{COOH}} \Leftrightarrow m_{\text{CH}_3\text{CHO}} = 13 \text{ g}$$

- 4.1. ▪ Determinação da quantidade de Cu₂(OH)₂CO₃ formada:

$$\frac{1 \text{ mol Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3}{221,13 \text{ g}} = \frac{n_{\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3}}{12,7 \text{ g}} \Leftrightarrow n_{\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3} = 5,743 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

- 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 Cu₂(OH)₂CO₃):

$$\frac{2 \text{ mol Cu}}{1 \text{ mol Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3} = \frac{n_{\text{Cu}}}{5,743 \times 10^{-2} \text{ mol Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3} \Leftrightarrow n_{\text{Cu}} = 1,149 \times 10^{-1} \text{ mol}$$

- 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

$$\frac{7,30}{360,0} \times 100 = 2,03\% \text{ do cobre sofreu corrosão.}$$

- 4.2. ▪ 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)):

$$\frac{1 \text{ mol Cu}}{2 \text{ mol Ag}} = \frac{n_{\text{Cu}}}{2,457 \times 10^{-2} \text{ mol Ag}} \Leftrightarrow n_{\text{Cu}} = 1,23 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

- 4.3. ▪ Determinação da massa de prata, Ag⁺, 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⁺, pelo que em 143,32 g de AgCl há 107,87 g de Ag⁺.

$$\frac{143,32 \text{ g AgCl}}{107,87 \text{ g Ag}^+} = \frac{0,85 \text{ g AgCl}}{m_{\text{Ag}^+}} \Leftrightarrow m_{\text{Ag}^+} = 0,640 \text{ g}$$

- Determinação da massa de prata, Ag, existente na moeda:

O valor calculado (0,640 g) corresponde à massa de prata existente em apenas 100 cm³, dos 1000 cm³ de solução inicial. Assim, em 1000 cm³ 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:

$$\frac{6,40 \text{ g Ag}}{14,10 \text{ g moeda}} \times 100 = 45\%$$

- 4.4. ▪ 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 HNO₃ necessária para reagir com o cobre presente na amostra: de acordo com a estequiometria da reação, 4 mol de HNO₃ 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:

$$c = \frac{n_{\text{HNO}_3}}{V_{\text{solução}}} \quad 15,0 \text{ mol dm}^{-3} = \frac{7,56 \text{ mol}}{V_{\text{solução}}} \Leftrightarrow V_{\text{solução}} = \frac{7,56 \text{ mol}}{15,0 \text{ mol dm}^{-3}} \Leftrightarrow V_{\text{solução}} = 0,50 \text{ dm}^3$$

5. (A)

- 6.1. ▪ Determinação da quantidade de HNO_3 existente em $20,0 \text{ cm}^3$ 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: $1 \text{ HNO}_3 : 1 \text{ NH}_3$

$$n_{\text{HNO}_3} = 5,02 \times 10^{-4} \text{ mol} \quad ; \quad n_{\text{NH}_3} = 3,00 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

Como a estequiometria da reação é de 1:1 e o HNO_3 está presente em maior quantidade, conclui-se que o NH_3 é o reagente limitante.

- Determinação da quantidade de NH_4NO_3 formada na reação:

Por cada 1 mol de NH_3 que reage, forma-se 1 mol de NH_4NO_3 . Assim, por reação de $3,00 \times 10^{-4} \text{ mol}$ de NH_3 forma-se $3,00 \times 10^{-4} \text{ mol}$ de NH_4NO_3 .

- Determinação da concentração de $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{aq})$ na solução resultante:

$$V_{\text{solução}} = 20,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 + 20,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 = 40,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$$

$$c_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = \frac{n_{\text{NH}_4\text{NO}_3}}{V_{\text{solução}}} \quad c_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = \frac{3,00 \times 10^{-4} \text{ mol}}{40,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3} = 7,50 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

- 6.2. Equação química: $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s}) \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{NO}_3^-(\text{aq})$

A temperatura de uma amostra de água em que ocorra a dissolução do nitrato de amónio diminuirá.

- 7.1. $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{g})$

- 7.2. De acordo com o Princípio de Le Châtelier, o aumento da temperatura favorece a reação endotérmica, que, neste caso, é a reação inversa.

Conclui-se, assim, que o aumento da temperatura do sistema em equilíbrio conduz a uma diminuição da concentração de $\text{SO}_3(\text{g})$.

7.3. (B)

- 7.4. ▪ Cálculo da quantidade de ácido sulfúrico que existe em $250,0 \text{ cm}^3$ da solução diluída:

$$V_{\text{solução dil}} = 250,0 \text{ cm}^3 = 250,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 = 2,500 \times 10^{-1} \text{ dm}^3$$

$$c_{\text{solução dil}} = \frac{n_{\text{solução dil}}}{V_{\text{solução dil}}} \quad 0,50 \text{ mol dm}^{-3} = \frac{n_{\text{solução dil}}}{2,500 \times 10^{-1} \text{ dm}^3} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow n_{\text{solução dil}} = 0,50 \text{ mol dm}^{-3} \times 2,500 \times 10^{-1} \text{ dm}^3 \Leftrightarrow n_{\text{solução dil}} = 0,125 \text{ mol}$$

- Cálculo do volume de solução concentrada que teria de ser utilizado na preparação da solução diluída:

Para preparar 250,0 cm³ da solução diluída é necessário usar um volume de solução concentrada que contenha 0,125 mol de ácido sulfúrico.

$$c_{\text{solução conc}} = \frac{n_{\text{solução conc}}}{V_{\text{solução conc}}} \quad 18,3 \text{ mol dm}^{-3} = \frac{0,125 \text{ mol}}{V_{\text{solução conc}}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow V_{\text{solução conc}} = \frac{0,125 \text{ mol}}{18,3 \text{ mol dm}^{-3}} \quad \Leftrightarrow V_{\text{solução conc}} = 6,8 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$$

- 8.1. Concentração de reagentes OU concentração de produtos de reação OU Pressão OU Temperatura OU Volume OU Densidade

8.2. (C)

- 8.3. «[...] num sistema químico em equilíbrio, os reagentes e os produtos encontram-se todos presentes, em simultâneo [...]».

8.4. (B)

9.1. $K_c = \frac{[\text{CO}][\text{H}_2]^3}{[\text{CH}_4][\text{H}_2\text{O}]}$ $292 = \frac{[\text{CO}] \times 12,0^3}{5,00 \times 5,00} \Leftrightarrow [\text{CO}] = \frac{292 \times 5,00 \times 5,00}{12,0^3} \Leftrightarrow [\text{CO}] = 4,22 \text{ mol dm}^{-3}$

- 9.2. 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 H₂(g) irá aumentar.

- 9.3. ▪ Determinação da quantidade de CH₄(g) que reage:

$$m_{\text{CH}_4} = 960 \text{ kg} = 960 \times 10^3 \text{ g}$$

$$\frac{1 \text{ mol CH}_4}{16,04 \text{ g}} = \frac{n_{\text{CH}_4}}{960 \times 10^3 \text{ g}} \quad \Leftrightarrow \quad n_{\text{CH}_4} = 5,985 \times 10^4 \text{ mol}$$

- Determinação da quantidade de H₂(g) formada nessa reação:

Estequiometria da reação: 1 mol CH₄(g) : 3 mol H₂(g)

$$\frac{1 \text{ mol CH}_4}{3 \text{ mol H}_2} = \frac{5,985 \times 10^4 \text{ mol CH}_4}{n_{\text{H}_2}} \quad \Leftrightarrow \quad n_{\text{H}_2} = 1,796 \times 10^5 \text{ mol}$$

- Determinação do volume de H₂(g), medido em condições PTN, correspondente a essa quantidade:

Sendo o volume molar de um gás, em condições PTN, 22,4 dm³ mol⁻¹, tem-se

$$\frac{1 \text{ mol H}_2(\text{g})}{22,4 \text{ dm}^3} = \frac{1,796 \times 10^5 \text{ mol}}{V_{\text{H}_2}} \quad \Leftrightarrow \quad V_{\text{H}_2} = 4,02 \times 10^6 \text{ dm}^3$$

10.1. $T = 2000 \text{ K} \rightarrow K_c = 1,98 \times 10^{-2}$

$$K_c = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]}$$

$$1,98 \times 10^{-2} = \frac{[\text{NO}]^2}{0,040 \times 0,010} \Leftrightarrow [\text{NO}]^2 = 1,98 \times 10^{-2} \times 0,040 \times 0,010 \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow [\text{NO}]^2 = 7,92 \times 10^{-6} \Rightarrow [\text{NO}] = \sqrt{7,92 \times 10^{-6}} \Leftrightarrow [\text{NO}] = 2,81 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

10.2. $K_c = 5,02 \times 10^{-2}$

10.3. (B)

11.1. ▪ 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 $\frac{0,70}{2} = 0,35$ 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:

$$K_c = \frac{[\text{NO}]^2 [\text{Cl}_2]}{[\text{NOCl}]^2} \quad K_c = \frac{0,70^2 \times 0,35}{1,8^2} \Leftrightarrow K_c = 5,3 \times 10^{-2}$$

11.2. (A)

11.3. 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.

12.1. ▪ Cálculo da quantidade de SO_3 no equilíbrio:

Quantidade de SO_3 que reagiu = $4,0 \text{ mol} \times 40\% = 1,6 \text{ mol}$

Quantidade de SO_3 no equilíbrio, $n_{\text{SO}_3} = 4,0 \text{ mol} - 1,6 \text{ mol} = 2,4 \text{ mol}$

▪ Cálculo das quantidades de SO_2 e de O_2 no equilíbrio:

De acordo com a estequiometria da reação, por reação de 2 mol de SO_3 formam-se 2 mol de SO_2 . Como reagiram 1,6 mol de 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 SO_3 forma-se 1 mol de O_2 . Como reagiram 1,6 mol de 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 SO_3 , de SO_2 e de 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 :

$$K_c = \frac{[\text{SO}_2]^2 \times [\text{O}_2]}{[\text{SO}_3]^2} \quad K_c = \frac{0,800^2 \times 0,400}{1,20^2} = 1,8 \times 10^{-1}$$

12.2. (C)

13.1. (D)

13.2. (C)

13.3. 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 .

14.1. ▪ 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 :

$$K_c = \frac{[C]^2}{[A] \times [B]} \quad K_c = \frac{0,432^2}{0,144 \times 0,0238} = 54,5$$

14.2. 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.

15.1. (C)

15.2. ▪ 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:

A partir da 1.^a situação de equilíbrio: $K_c = \frac{0,786^2}{0,107 \times 0,107} \Leftrightarrow K_c = 54,0$

A partir da 2.^a situação de equilíbrio: $K_c = \frac{1,404^2}{0,191 \times 0,191} \Leftrightarrow K_c = 54,0$

15.3. (C)

16.1. (B)

16.2. (A)

16.3. 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.

16.4.1. $Q_c = 0$

16.4.2. ▪ Identificação do reagente limitante:

Estequiometria da reação: 3 mol H_2 : 1 mol N_2

Quantidades iniciais de reagentes $\rightarrow n_{\text{H}_2} = 0,200 \text{ mol}$; $n_{\text{N}_2} = 0,200 \text{ mol}$

De acordo com a estequiometria da reação, para consumir 0,200 mol de N_2 , seriam necessárias 0,600 mol de H_2 . Como a quantidade inicial de H_2 é inferior a 0,600 mol, conclui-se que o H_2 é o reagente limitante.

▪ Determinação da quantidade de $\text{NH}_3(\text{g})$ 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 NH₃(g) no equilíbrio = 0,090 mol dm⁻³.

Quantidade de NH₃(g) no equilíbrio (= quantidade real) = 0,090 mol.

$$\eta(\%) = \frac{0,090 \text{ mol}}{0,1333 \text{ mol}} \times 100 = 68\%$$

- 16.5.** ▪ 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:

$$Q_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3} \quad Q_c = \frac{0,400^2}{0,500 \times 0,200^3} \quad \Leftrightarrow \quad Q_c = 40$$

- Conclusão: como $Q_c > K_c$, a reação evolui no sentido inverso, com a consequente diminuição da concentração de amoníaco.

17.1. (D)

17.2. O gráfico mostra que a percentagem de SO₃(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.

18.1. (B)

18.2. De acordo com o Princípio de Le Châtelier, um aumento da temperatura de um sistema inicialmente em equilíbrio favorece a reação endotérmica.

Na reação de síntese do amoníaco, $\Delta H < 0$, pelo que a reação direta é uma reação exotérmica, sendo, consequentemente, a inversa uma reação endotérmica.

Assim, um aumento da temperatura do sistema inicialmente em equilíbrio favorece a reação inversa, pelo que se prevê que a concentração de NH₃ diminua.

18.3. (A)

18.4. (B)

18.5.1. (D)

18.5.2. (B)

18.6. ▪ Identificação do reagente limitante:

Estequiometria da reação: 3 mol H₂ : 1 mol N₂

Quantidades iniciais de reagentes: $n_{\text{H}_2} = 0,800 \text{ mol}$; $n_{\text{N}_2} = 0,500 \text{ mol}$

De acordo com a estequiometria da reação, para consumir 0,500 mol de N₂, seriam necessárias 1,50 mol de H₂. Como a quantidade inicial de H₂ era inferior a 1,50 mol, conclui-se que o H₂ foi o reagente limitante.

- Determinação da quantidade de NH₃(g) que se deveria ter formado:

$$\frac{3 \text{ mol H}_2}{2 \text{ mol NH}_3} = \frac{0,800 \text{ mol H}_2}{n_{\text{NH}_3 \text{ prevista}}} \Leftrightarrow n_{\text{NH}_3 \text{ prevista}} = 0,5333 \text{ mol}$$

- Determinação do rendimento da reação de síntese:

$$\eta(\%) = \frac{\text{quantidade de NH}_3 \text{ real}}{\text{quantidade de NH}_3 \text{ prevista}} \times 100$$

Quantidade de NH₃(g) no equilíbrio (= quantidade real) = 0,150 mol.

$$\eta(\%) = \frac{0,150 \text{ mol}}{0,5333 \text{ mol}} \times 100 = 28,1\%$$

19.1. -0,100 mol dm⁻³

19.2. (B)

19.3. ▪ 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 H₂ era inferior a 0,600 mol, conclui-se que o H₂ foi o reagente limitante.

- Determinação da quantidade de NH₃(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 NH₃(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:

$$\eta(\%) = \frac{\text{quantidade de NH}_3 \text{ real}}{\text{quantidade de NH}_3 \text{ prevista}} \times 100 \quad \eta(\%) = \frac{0,089}{0,333} \times 100 = 26,7\%$$

19.4. (B)

19.5. 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 NH₃(g) e um aumento das concentrações de H₂(g) e de N₂(g).

20.1. São amostras relativamente às quais existe certeza sobre a presença (ou a ausência) de amoníaco.



20.3. Se a solução a analisar contiver amoníaco, a principal fonte de iões $\text{OH}^-(\text{aq})$ é a ionização parcial do amoníaco em água.

Juntando, gota a gota, a solução a analisar a uma solução contendo iões $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$, formar-se-á inicialmente um precipitado de hidróxido de cobre (II), $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

Se a solução a analisar contiver amoníaco, a adição de excesso da solução provoca a dissolução do precipitado de $\text{Cu}(\text{OH})_2$, formando-se o ião $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}(\text{aq})$.

21.1. ▪ Determinação da massa de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ existente na amostra:

5% (m/m) de impurezas \Rightarrow 95% da massa da amostra é de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

$$m_{\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}} = 0,95 \times 6,10 \text{ g} = 5,795 \text{ g}$$

▪ Determinação da massa de sal complexo que se deveria ter formado:

Por reação de 1 mol de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, ou seja, de 249,7 g desse sal, obtém-se 1 mol de $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, ou seja, 245,8 g deste composto.

$$\frac{249,7 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{245,8 \text{ g } [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}} = \frac{5,795 \text{ g}}{m_{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}}} \Leftrightarrow m_{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}} = 5,704 \text{ g}$$

▪ Determinação do rendimento da reação de síntese:

$$\eta(\%) = \frac{\text{massa de } [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O real}}{\text{massa de } [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O prevista}} \times 100$$

$$\eta(\%) = \frac{3,92 \text{ g}}{5,704 \text{ g}} \times 100 = 68,7\%$$

21.2. (A)

22.1. (A)

22.2. Tornar a dissolução do sal mais rápida.

22.3. Filtração a pressão reduzida.

23.1. (A)

23.2. ▪ Cálculo da massa de sal complexo que se deveria ter formado:

Por reação de 1 mol de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, ou seja, de 249,7 g desse sal, obtém-se 1 mol de $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, ou seja, 245,8 g deste composto.

$$\frac{249,7 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{245,8 \text{ g } [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}} = \frac{5,00 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{m_{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}}} \Leftrightarrow m_{[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}} = 4,922 \text{ g}$$

▪ Determinação do rendimento da reação de síntese:

$$\eta(\%) = \frac{\text{massa de } [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O real}}{\text{massa de } [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O prevista}} \times 100$$

$$\eta(\%) = \frac{2,60 \text{ g}}{4,922 \text{ g}} \times 100 = 52,8\%$$

23.3. (D)

23.4. (A)

RESOLUÇÕES

QUÍMICA 11.º ANO

UNIDADE 2

**Da atmosfera ao oceano:
soluções na Terra e para a Terra**

- 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)

- 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 dos módulos dos desvios de cada valor medido em relação ao valor mais provável:

pH	Módulo do desvio em relação ao valor mais provável = $= \text{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)

- 2.2.2. De acordo com o Princípio de Le Châtelier, o aumento do teor de CO_2 dissolvido favorece a reação de formação do ácido carbônico 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)

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 H_3O^+ e 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. (C)

4.2. (B)

4.3. (D)

5.1. $2\text{H}_2\text{S}(\text{g}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{SO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

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.

5.2. (C)

5.3. $2\text{ZnS}(\text{s}) + 3\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{ZnO}(\text{s}) + 2\text{SO}_2(\text{g})$

5.4. (B)

5.5. (D)

6.1. Aumento da acidez da água do mar. / Diminuição da concentração de iões carbonato em solução.

6.2. (D)

6.3. (D)

6.4.1. (D)

6.4.2. ▪ 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 CaCO_3 , ou seja, 100,1 g de CaCO_3 , reagem com 2 mol de H_3O^+ .

$$\frac{100,1 \text{ g CaCO}_3}{2 \text{ mol H}_3\text{O}^+} = \frac{m_{\text{CaCO}_3}}{6,00 \text{ mol}} \Leftrightarrow m_{\text{CaCO}_3} = 3,0 \times 10^2 \text{ g}$$

7.1. (C)

7.2.1. Uma quantidade apreciável de 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.

7.2.2. A dureza de uma água de consumo doméstico pode ser alterada pela adição de compostos de cálcio nas Estações de Tratamento de Águas.

Os iões Ca^{2+} e Mg^{2+} , presentes em águas duras, formam, com o sabão, compostos muito pouco solúveis, que precipitam – a chamada espuma – o que reduz a formação de espuma. Assim, quanto maior é a concentração daqueles iões, menor é a eficiência da lavagem com sabão.

A eficiência da lavagem com detergente é pouco afetada pela dureza da água porque, geralmente, os detergentes não precipitam em águas duras.

8.1. (D)

8.2. Na destilação da água do mar ocorre a vaporização e a posterior condensação da água, baseando-se este método na diferença de pontos de ebulição dos componentes da mistura a separar.

A destilação envolve um custo elevado, uma vez que é necessário gastar uma quantidade apreciável de energia para vaporizar a água.

Um método alternativo de dessalinização poderá ser a osmose inversa (OU a utilização de membranas de ultrafiltração OU técnicas de evaporação-condensação).

8.3. (A)

8.4. 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.

9.1. A espécie redutora é o ferro (Fe). [NOTA: a espécie redutora é a que se oxida, isto é, a que perde eletrões]

9.2. (A)

9.3. (C)

10.1. +5 [NOTA: $+1 + x + 3 \times (-2) = 0 \Leftrightarrow x = +5$]

10.2. (A)

10.3. (B)

10.4. (B)

10.5. (C)

11.1. ▪ Determinação da quantidade de 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 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 NH_3 :

$$\frac{2,50 \times 10^2 \text{ g NH}_3}{1 \text{ dm}^3 \text{ solução}} = \frac{3,408 \text{ g}}{V} \Leftrightarrow V = 1,36 \times 10^{-2} \text{ dm}^3 = 13,6 \text{ cm}^3$$

11.2. (A)

11.3. (D)

12.1. (D)

12.2. (A)

12.3. (B)

- 13.1. ▪ 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 OH^- é igual à concentração de 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:

$$c_{\text{sol. diluída}} = [\text{NH}_4^+] + [\text{NH}_3]$$

$$[\text{NH}_3] = 2,60 \times 10^{-2} - 6,761 \times 10^{-4} \Leftrightarrow [\text{NH}_3] = 2,5 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

- 13.2. ▪ Cálculo da concentração de OH^- (aq) e de NH_4^+ (aq):

$$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+] \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-11,1} = 7,943 \times 10^{-12} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{A } 25^\circ\text{C}, [\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{OH}^-] = 1,00 \times 10^{-14}$$

$$7,943 \times 10^{-12} \times [\text{OH}^-] = 1,00 \times 10^{-14} \Leftrightarrow [\text{OH}^-] = 1,259 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{Como, } [\text{OH}^-] = [\text{NH}_4^+], \text{ conclui-se que } [\text{NH}_4^+] = 1,259 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

- Determinação da ordem de grandeza da constante de basicidade do $\text{NH}_3(\text{aq})$:

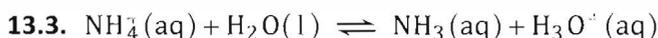
$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+] \times [\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$$

$$[\text{NH}_3] = 0,10 \text{ mol dm}^{-3} - [\text{NH}_4^+]$$

$$[\text{NH}_3] = 0,10 \text{ mol dm}^{-3} - 1,259 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3} \simeq 0,10 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$K_b = \frac{1,259 \times 10^{-3} \times 1,259 \times 10^{-3}}{0,10} = 1,6 \times 10^{-5}$$

Pelo que se conclui que a ordem de grandeza da constante em causa é 10^{-5}



Pares conjugados ácido-base: $\text{NH}_4^+ / \text{NH}_3$ e $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O}$

14.1. (A)

14.2.1. (B)

- 14.2.2.** ▪ Cálculo da concentração de ião $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$:

$$\frac{1 \text{ mol Fe}^{2+}}{55,85 \text{ g}} = \frac{n_{\text{Fe}^{2+}}}{4,47 \text{ g}} \Leftrightarrow n_{\text{Fe}^{2+}} = 8,00 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

Como essa quantidade de ião $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})$ existe em 1 dm^3 de solução, então, nessa solução, $[\text{Fe}^{2+}] = 8,00 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$.

- Cálculo da concentração de ião $\text{S}^{2-}(\text{aq})$:

$$K_s = [\text{Fe}^{2+}][\text{S}^{2-}] \quad 6,3 \times 10^{-18} = 8,00 \times 10^{-2} \times [\text{S}^{2-}] \Leftrightarrow [\text{S}^{2-}] = \frac{6,3 \times 10^{-18}}{8,00 \times 10^{-2}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow [\text{S}^{2-}] = 7,88 \times 10^{-17} \text{ mol dm}^{-3}$$

- Cálculo da concentração hidrogeniônica necessária para que o sulfureto de ferro possa precipitar:

$$K_a = \frac{[\text{S}^{2-}][\text{H}_3\text{O}^+]^2}{[\text{H}_2\text{S}]} \quad 6,8 \times 10^{-23} = \frac{7,88 \times 10^{-17} \times [\text{H}_3\text{O}^+]^2}{0,10} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]^2 = \frac{6,8 \times 10^{-23} \times 0,10}{7,88 \times 10^{-17}} \Leftrightarrow [\text{H}_3\text{O}^+]^2 = 8,63 \times 10^{-8} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = \sqrt{8,63 \times 10^{-8}} \Leftrightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 2,9 \times 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3}$$

- 15.1.** ▪ 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 cm³ de solução:

$$V_{\text{solução}} = 250,0 \text{ cm}^3 = 250,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 = 2,500 \times 10^{-1} \text{ dm}^3$$

$$c_{\text{H}_2\text{S}} = \frac{n_{\text{H}_2\text{S}}}{V_{\text{solução}}} \quad 9,984 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3} = \frac{n_{\text{H}_2\text{S}}}{2,500 \times 10^{-1} \text{ dm}^3} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow n_{\text{H}_2\text{S}} = 9,984 \times 10^{-2} \times 2,500 \times 10^{-1} \Leftrightarrow n_{\text{H}_2\text{S}} = 2,50 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

15.2. (B)

16.1. H₂SO₄/HSO₄⁻ OU HSO₄⁻/SO₄²⁻ OU H₃O⁺/H₂O

- 16.2. ▪ 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 H₂SO₄ : 1 mol H₃O⁺, a concentração hidrogeniônica resultante dessa etapa será igual a 0,010 mol dm⁻³.

- Cálculo da concentração hidrogeniônica resultante da segunda etapa de ionização:

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 íon SO₄²⁻.

$$[\text{SO}_4^{2-}] = 0,010 - [\text{HSO}_4^-] \quad [\text{SO}_4^{2-}] = 0,010 - 3,5 \times 10^{-3} = 6,5 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

- Cálculo da concentração hidrogeniônica total e do pH da solução:

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 0,010 \text{ mol dm}^{-3} + 6,5 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3} = 1,65 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{pH} = -\log([\text{H}_3\text{O}^+]) \quad \text{pH} = 1,8$$

17.1. CN⁻ (aq) + H₂O(l) ⇌ HCN(aq) + OH⁻ (aq)

Na reação considerada, o íon CN⁻ (aq) comporta-se como uma base, segundo Brønsted-Lowry, uma vez que aceita um próton, originando a espécie HCN(aq).

17.2.1. (A)

- 17.2.2. ▪ Cálculo da concentração de ácido nitroso ionizado:

De acordo com a estequiometria da reação, e desprezando a contribuição da autoionização da água, [NO₂⁻] = [H₃O⁺].

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}} \quad [\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-2,72} \Leftrightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = 1,905 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{Assim, } [\text{NO}_2^-] = 1,905 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

- Cálculo da concentração de ácido nitroso não ionizado:

$$K_a = \frac{[\text{NO}_2^-] \times [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HNO}_2]} \quad 4,5 \times 10^{-4} = \frac{1,905 \times 10^{-3} \times 1,905 \times 10^{-3}}{[\text{HNO}_2]} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow [\text{HNO}_2] = \frac{1,905 \times 10^{-3} \times 1,905 \times 10^{-3}}{4,5 \times 10^{-4}} \Leftrightarrow [\text{HNO}_2] = 8,06 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

- Cálculo da concentração inicial de ácido nitroso na solução:

O ácido nitroso existe em solução nas formas ionizada e não ionizada. Assim,

$$c_{\text{HNO}_2} = [\text{NO}_2^-] + [\text{HNO}_2] \quad c_{\text{HNO}_2} = 1,905 \times 10^{-3} + 8,06 \times 10^{-3} = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

18.1. Uma base conjugada de um ácido de Brønsted-Lowry é a espécie química que resulta da perda de um protão pelo ácido.

- 18.2.1.** ▪ 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:

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,100 \text{ mol dm}^{-3} - [\text{CH}_3\text{COO}^-]$$

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0,100 \text{ mol dm}^{-3} - 1,318 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3} = 9,868 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

- Cálculo da percentagem de ácido acético não ionizado na solução inicial:

$$\frac{9,868 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}}{0,100 \text{ mol dm}^{-3}} \times 100 = 98,7\%$$

18.2.2. (C)

18.2.3. A adição de NaOH(aq) a uma solução aquosa de ácido acético provoca uma diminuição da concentração de H_3O^+ (aq).

Assim, de acordo com o Princípio de Le Châtelier, é favorecida a reação que conduz a um aumento da concentração de H_3O^+ (aq), o que permite concluir que a ionização do ácido acético em água é favorecida pela adição de NaOH(aq).

18.3. (D)

- 19.1.** ▪ 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:

$$\text{pH} = -\log(4,28 \times 10^{-2}) = 1,4$$

- 19.2.** ▪ 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:

$$\frac{1 \text{ mol NaOH}}{40,00 \text{ g}} = \frac{3,60 \times 10^{-3} \text{ mol}}{m} \Leftrightarrow m = 0,14 \text{ g}$$

20.1. (D)

- 20.2.** ▪ 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 monoprótico em solução:

Atendendo à estequiometria da reação entre o ácido em solução e o NaOH(aq) (1:1, uma vez que o ácido é monoprótico), 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, $M = 100 \text{ g mol}^{-1}$

21. (C)

22. (B)

23.1. Prata.

23.2.1. (C)

23.2.2. Magnésio.

24.1.1. (B)

24.1.2. A reação do CaO com a água origina Ca(OH)_2 que, dissolvendo-se na água do mar, dá origem a iões OH^- em solução.

O aumento da concentração de iões OH^- (aq) conduz a uma diminuição da concentração de iões H_3O^+ (aq) sendo, conseqüentemente, de prever que o pH da água do mar utilizada aumente.

24.2.1. (B)

24.2.2. (D)

24.3.1. (A)

24.3.2. (A)

24.3.3. ▪ Cálculo da massa de MgCl_2 que se obteria se o rendimento da reação fosse 100%:

$$\eta = \frac{\text{massa de MgCl}_2 \text{ real}}{\text{massa de MgCl}_2 \text{ prevista}} \quad \frac{70}{100} = \frac{2,5 \text{ kg}}{m_{\text{MgCl}_2 \text{ prevista}}} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow m_{\text{MgCl}_2 \text{ prevista}} = 3,57 \text{ kg} = 3,57 \times 10^3 \text{ g}$$

▪ Cálculo da quantidade de Mg(OH)_2 que tem de reagir:

$$\frac{1 \text{ mol Mg(OH)}_2}{95,21 \text{ g MgCl}_2} = \frac{n}{3,57 \times 10^3 \text{ g}} \Leftrightarrow n = 37 \text{ mol}$$

24.4. $\text{Mg}^{2+}(\text{l}) + 2 \text{Cl}^-(\text{l}) \rightarrow \text{Mg}(\text{l}) + \text{Cl}_2(\text{g})$

25. (B)

26.1.1. (A)

26.1.2. ▪ Determinação da quantidade de iões H_3O^+ (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, CH_3COO^- (aq), existente no equilíbrio:

Atendendo à estequiometria da reação (1 mol CH_3COO^- (aq) : 1 mol H_3O^+ (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, CH_3COOH (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, $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$, existente no equilíbrio:

$$[\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{n_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{V_{\text{solução}}} \quad [\text{CH}_3\text{COOH}] = \frac{4,934 \times 10^{-2} \text{ mol}}{0,500 \text{ dm}^3} = 9,87 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

26.2.1. (B)

- 26.2.2.** A fenolftaleína é o indicador adequado para assinalar o ponto de equivalência da titulação considerada, uma vez que, dos indicadores apresentados, é o único cuja zona de viragem inclui o valor do pH no ponto de equivalência (8,8).

- 26.2.3.** ▪ Determinação da concentração de ácido acético no vinagre comercial:

Como a solução de vinagre comercial foi diluída 10 vezes, a concentração de $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq})$ 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 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

- 27.1.** ▪ Cálculo da quantidade de NaOH adicionada até ter sido atingido o ponto de equivalência da titulação:

$$V_{\text{sol. NaOH}} = 50,0 \text{ cm}^3 = 50,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$$

$$c_{\text{NaOH}} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{V_{\text{sol. NaOH}}} \quad 0,100 = \frac{n_{\text{NaOH}}}{50,0 \times 10^{-3}} \Leftrightarrow n_{\text{NaOH}} = 5,000 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

- Cálculo da concentração da solução de ácido acético:

$$V_{\text{sol. CH}_3\text{COOH}} = 25,0 \text{ cm}^3 = 25,0 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$$

De acordo com a estequiometria da reação, $n_{\text{CH}_3\text{COOH}} = n_{\text{NaOH}} = 5,000 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$$c_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{n_{\text{CH}_3\text{COOH}}}{V_{\text{sol. CH}_3\text{COOH}}} \quad c_{\text{CH}_3\text{COOH}} = \frac{5,000 \times 10^{-3}}{25,0 \times 10^{-3}} \Leftrightarrow c_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 0,200 \text{ mol dm}^{-3}$$

- 27.2.** A função de um indicador ácido-base, numa titulação, é assinalar o ponto de equivalência da titulação. A curva A apresenta, na vizinhança do ponto de equivalência, uma variação de pH mais acentuada do que a curva B.

Como os indicadores ácido-base suscetíveis de serem utilizados devem ter a sua zona de viragem contida no intervalo correspondente à variação acentuada de pH, conclui-se que na titulação de um ácido fraco com uma base forte, o número de indicadores ácido-base suscetíveis de serem utilizados será mais reduzido.

28.1. Pipeta.**28.2.** ▪ Determinação da concentração hidrogeniónica 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 OH^- existente em $10,0 \text{ cm}^3$ de solução diluída de hidróxido de sódio:

De acordo com a estequiometria da reação, $n_{\text{OH}^-} = n_{\text{H}_3\text{O}^+}$.

$$c_{\text{H}_3\text{O}^+} = \frac{n_{\text{H}_3\text{O}^+}}{V_{\text{solução}}} \quad 0,251 = \frac{n_{\text{H}_3\text{O}^+}}{15,20 \times 10^{-3}} \Leftrightarrow n_{\text{H}_3\text{O}^+} = 3,82 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{Então, } n_{\text{OH}^-} = 3,82 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

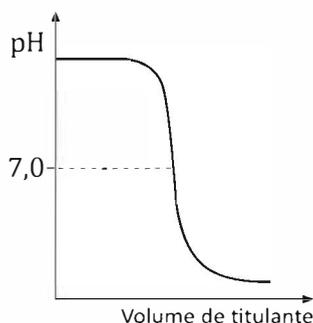
- Determinação da concentração da solução diluída de NaOH:

$$c_{\text{NaOH}} = \frac{n_{\text{NaOH}}}{V_{\text{solução}}} \quad c_{\text{NaOH}} = \frac{3,82 \times 10^{-3} \text{ mol}}{10,00 \times 10^{-3} \text{ dm}^3} = 0,382 \text{ mol dm}^{-3}$$

- Determinação da concentração da solução inicial de NaOH:

A solução inicial de NaOH é 5 vezes mais concentrada que a solução diluída. Assim,

$$c = 5 \times 0,382 \text{ mol dm}^{-3} = 1,9 \text{ mol dm}^{-3}$$

28.3. (B)**28.4.****29.1.** (B)**29.2.1.** ▪ 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 H_2SO_4 que existia na solução titulada:

Estequiometria da reação: 1 mol H_2SO_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:

$$V_{\text{sol H}_2\text{SO}_4} = 25,00 \text{ cm}^3 = 25,00 \times 10^{-3} \text{ dm}^3$$

$$c_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{V_{\text{sol H}_2\text{SO}_4}} \quad c_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{2,50 \times 10^{-3}}{25,00 \times 10^{-3}} = 0,10 \text{ mol dm}^{-3}$$

29.2.2. A curva de titulação mostra que o pH variou bruscamente de 3,8 para 10,8, na vizinhança do ponto de equivalência. O azul de bromotimol e a fenolftaleína são adequados à detecção do ponto de equivalência, uma vez que as zonas de viragem destes indicadores estão contidas no intervalo de valores de pH que corresponde àquela variação.

30.1.1. (C)

30.1.2. (D)

30.2.1. 31 g

30.2.2. ▪ Determinação do valor da solubilidade do KNO_3 em água, à temperatura de 30°C :

Por leitura do gráfico, verifica-se que, a 30°C , a solubilidade do KNO_3 em água é 46 g de KNO_3 por 100 g de água.

- Cálculo do erro relativo, em percentagem, do valor experimental de solubilidade:

$$\text{erro relativo}(\%) = \frac{|55 - 46|}{46} \times 100 = 20\%$$

30.2.3. Verifica-se, a partir do gráfico, que a solubilidade do $\text{KNO}_3(\text{s})$ 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 $\text{KNO}_3(\text{s})$ em água é um processo endotérmico.